

METSÄTIETEELLISEN KOELAITOKSEN

JULKAISUJA

MEDDELANDEN FRÅN
FORSTVETENSKAPLIGA
FÖRSÖKSANSTALTEN

COMMUNICATIONES
EX
INSTITUTO QUAESTIONUM FORESTALIUM FINLANDIAE

EDITAE

12

HELSINKI 1927

METSÄTIETEELLISEN KOELAITOKSEN

JULKAISUJA

MEDDELANDEN FRÅN
FORSTVETENSKAPLIGA
FÖRSÖKSANSTALTEN

COMMUNICATIONES

EX

INSTITUTO QUAESTIONUM FORESTALIUM FINLANDIAE

EDITAE

12

HELSINKI 1927
VALTIONEUVOSTON KIRJAPAINO

COMMUNICATIONES
EX
INSTITUTO QVAESTIONUM FORESTALIIUM FINLANDIAE
EDITAE

12

ILVESSALO, LAURI, Suomenlahden ulkosaarten lentohietiköt ja niiden sitomismahdollisuudet	1—36
Referat: Die Dünen der Ausseninseln des Finnischen Meerbusens und ihre Bindungsmöglichkeiten	37—50
HEIKINHEIMO, O., Myrskytuhoista Raivolan lehtikuusimetsässä syyskuun 23 päivänä 1924	1—42
Referat: Über die Sturmschäden in dem Lärchenwalde bei Raivola am 23. September 1924	43—52
LAPPI-SEPPÄLÄ, M., Tutkimuksia siperialaisen lehtikuusen kasvusta Suomessa	1—46
Referat: Untersuchungen über den Zuwachs der sibirischen Lärche in Finnland	47—72
AUER, VÄINÖ, Untersuchungen über die Waldgrenzen und Torfböden in Lappland	1—46
Suomenkielinen selostus: Lapin metsänrajoja ja turvemaita koskevia tutkimuksia	47—52
AUER, VÄINÖ, Stratigraphical and morphological investigations of peat bogs of southeastern Canada	1—32
Stratigrafisia ja morfologisia tutkimuksia Kaakkois-Kanadan soista	33—62
KUJALA, VILJO, Untersuchungen über den Bau und die Keimfähigkeit von Kiefern- und Fichtensamen in Finnland	1—68
Suomenkielinen selostus: Tutkimuksia männyn- ja kuusensiemenen rakenteesta ja itäväisyydestä Suomessa ..	69—106

SUOMENLAHDEN ULKOSAARTEN LENTOHIIETIKÖT JA NIIDEN SITOMISMAHDOLLISUUDET

LAURI ILVESSALO

DIE DÜNEN DER AUSSENINSELN DES
FINNISCHEN MEERBUSSENS UND IHRE
BINDUNGSMÖGLICHKEITEN

(REFERAT)

HELSINKI 1926
VALTIONEUVOSTON KIRJAPAINO

SISÄLTÖ:

	Sivu
Johdatus	5
Lentohietikköjen syntymisen yleiset edellytykset Suomenlahden ulko- saarilla	7
Ulkosaarten lentohietiköt	10
Seiskarin lentohietikkö	10
Lavansaaren lentohietikkö	13
Tytärsaaren lentohietikkö	15
Ulkosaarten lentohietikköjen hiekka	18
Ulkosaarten lentohietikköjen kasvillisuus ja kasvisto	22
Ulkosaarten lentohietikköjen sitomismahdollisuudet	26
Kirjallisuusluettelo	34
Referat: Die Dünen der Ausseninseln des finnischen Meerbusens und ihre Bindungsmöglichkeiten	37

Liitteitä:

- 12 kuvaa ulkosaarten lentohietiköistä
- Ulkosaarten maantieteellisen aseman osoittava kartta
- Seiskarin lentohietikön kartta ynnä profiileja
- Lavansaaren lentohietikköjen kartat ynnä 1 profiili
- Tytärsaaren lentohietikön kartta ynnä profiileja

Johdatus.

Lentohietikköjä tavataan Suomessa sekä meren rannoilla että sisämaassa. Sisämaassakin ne yleensä esiintyvät vesien (järvien tai jokien) rannoilla; ainoastaan paikoitellen on niitä syntynyt vesistä riippumattakin, kun metsäkasvillisuuden peittämä hiekkamaa on kulovalkean tai muun metsänhävityksen johdosta paljastunut ja hiekka siten on menettänyt sitojansa. Tällä tavoin syntyneitä lentohietikköjä tavataan esim. Kuolemajärven pitäjässä Karjalan kannaksella, Hämeen ja Pohjan kankailla Ylä-Satakunnassa sekä Inarissa. Vesien ääriille on lentohietikköjä sisämaassa muodostunut etupäässä suurten järvien hiekkaisilla rantamilla, kuten Laatokan, Euran Pyhäjärven, Oulujärven ja Inarijärven rannoilla; jokien rantamilla on niitä esim. eräiden Pohjanmaan ja Lapin jokien varsilla. Sisämaan lentohietiköt ovat yleensä vähäisiä ja verraten vaarattomia. Suurimmat ja vaarallisimmat lentohietiköt tavataan Suomessa, kuten enimmäkseen muuallakin Euroopassa, meren rannoilla. Mainittavimmat ovat eräiden Suomenlahden ulkosaarten sekä Karjalan kannaksen rannikon lentohietiköt, mutta myöskin Hankoniemen rannikolla sekä Yterissä Porin lähellä ja etenkin Perämeren rannikolla on suurehkoja lentohietikköjä.

Asutukselle uhkaavin on lentohiekkavaara Seiskarin saarella, jossa lentohiekka herkeämättä valtaa saarelaisten muutenkin vähäisistä metsistä ja nyttemmin jo viljelyksistäkin palan toisensa jälkeen muuttaen ne tuottamattomaksi hietiköksi. Saarelaiset ovat huolestuneina lentohiekan leviämisestä, jota he itse ovat olleet voimattomat ehkäisemään, huomauttaneet tukalasta asemastaan viranomaisille, minkä johdosta Metsätieteellisen koelaitoksen vuoden 1925 työohjelmaan otettiin alustavan selvityksen hankkiminen Seiskarin ja samalla muidenkin Suomenlahden ulkosaarten lentohietiköistä ja niiden sitomismahdollisuuksia. Tehtävän antoi Metsätieteellinen koelaitos tämän kirjoittajan suoritettavaksi.

Tehtävän edellyttämät tutkimukset suoritettiin heinäkuussa 1925, ensimmäiseksi Seiskarissa, sitten Lavansaarella ja viimeiseksi Tytärsaarella; Suursaarella, ulkosaarista suurimmalla, ei varsinaisia lentohietikköjä ole. Alustavan yleiskatsauksen jälkeen kukin lento-

hietikkö mitattiin ja kartoitettiin, jotapaitsi huomattavimmilla hietikoilla tehtiin tarpeellinen määrä punnituksia korkeussuhteiden selville saamiseksi. Kartan valmistuttua laadittiin pääpiirteinen kuvaus kasvillisuudesta sekä merkittiin muistiin kaikki huomiot, joilla saattoi olla merkitystä hietikön sitomismahdollisuuksien selvittelylle. Lopuksi tutkittiin vielä hietiköllä kasvavien puiden kasvusuhteita sekä otettiin valokuvia ja hiekkänäytteitä. Niinikään tiedusteltiin paikkakuntalaisilta heidän huomioitansa lentohietikön laajentumisen y. m. seikkojen suhteen ynnä lentohietikön syntyä ja varhaisempia vaiheita valaisevia perintätietoja. Samana kesänä antoi Metsähallitus tämän kirjoittajan tehtäväksi toimittaa tutkimus viimeaikaisista metsänhakkauksista Karjalan kannaksen Suomenlahden rannikolla sekä, jos tarpeelliseksi osoittautui, laatia ehdotus suojametsäalueen muodostamiseksi kysymyksessä olevalle rannikolle. Tämän tutkimuksen yhteydessä tarjoutui tilaisuus ja oli välttämätöntäkin kiinnittää huomiota myös Karjalan kannaksen rannikon lukuisiin lentohietikköihin. Ajan vähyyden vuoksi oli tutkimus tältä osaltaan tosin supistettava melkoista yleispiirteisemmäksi kuin sitä ennen Suomenlahden ulkosaarilla toimitettu tutkimus, mutta hyödyllisiin vertaileviin havaintoihin kuitenkin oli tilaisuus.

Lentohietikköjen syntymisen yleiset edellytykset Suomenlahden ulkosaarilla.

Merenrantalentohietikköjä syntyy seuduilla, missä rannan edustalla meressä on laakea hiekkavyöhyke ja mereltä päin puhalttelevat tuulet, jotka panevat aallot heittämään hiekkaa rannalle sekä hiekan rannalla kuivuttua lennättävät sitä sisämaahan päin. Hiekan tulee olla kyllin löyhää, t. s. vapaata saven tai hiesun sekoituksesta, joka sitoo hiekan kiinteäksi ehkäisten sen liikkumista, mutta hiekka ei myöskään saa olla ylen karkeata, sillä suuria hiekkajyväisiä on tuulen työläs kuljettaa. Mitä laakeampi ja leveämpi hiekkavyöhyke on, mitä vallitsevampia ja navakampia rannikkoa vastaan puhaltavat merituulet ovat ja mitä helpommin liikkuvaa hiekka on, sitä suotuisammat ovat edellytykset lentohietikön syntymiselle ja myöskin laajenemiselle. Tuulten ohessa saattavat meressä esiintyvät virtailut sekä voimakkaat vuoksiaallot edistää hiekan kulkeutumista rannalle. Paikoin helpoittaa lentohietikköjen syntymistä myös maankohoaminen, joka mataloittaa rannikkoa ja laakeilla rannikoilla sangen lyhyessä ajassa laajentaa rantahietikköä huomattavasti merelle päin. Toisaalla taas aivan päinvastainen ilmiö, rannikon vajoaminen, niinikään edistää lentohietikköjen kasvamista irroittamalla rantatörmässä kiinteänä ollutta hiekkaa meren aaltojen huuhdeltavaksi ja rannalle heitettäväksi.

Sielläkään, missä luontaiset edellytykset lentohietikön syntymiseksi ovat suotuisat, ei kuitenkaan suinkaan aina varsinaista lentohietikköä synny, rantakasvillisuus kun useastikin sitoo aaltojen rannalle heittämän hiekan niin tarkkaan, ettei sitä mainittavassa määrässä pääse kulkeutumaan etäämmälle. Rannalle muodostuu tällöin, jos hiekantulo on kyllin runsas, rantaviivan suuntainen kasvillisuuden sitoma hiekkavalli, joka sellaisenaan ei ole vaarallinen, mutta helposti kyllä saattaa johtaa lentohietikön syntymiseen. Näin käy, jos kasvipeite tavalla tai toisella tulee rikotuksi. Joskus särkee ankara myrsky hiekkavallin ja lennättää irralliseksi tullutta hiekkaa sisämaahan päin, mutta useimmissa tapauksissa on ihminen joko välittömästi tai välillisesti syypää hiekan irtipääsyyn. Rantametsän

varomaton hakkaaminen, metsäpalo, laiduntaminen tai jopa vain tien tai polun syntyminen saattaa aiheuttaa kasvipeitteen ja sen turvin syntyneen ohuen mullaskerroksen rikkoutumisen ja siten paljastaa hiekan alttiiksi tuulen vaikutukselle. Kun alku täten on syntynyt, leviää hiekka sangen nopeasti ja sitä mukaa kuin merestä tulee lisää hiekkaa laajenee hietikkö. Tuulen lennättämä hiekka kerääntyy rantarinteen ylemmissä osissa, varsinkin kohdatessaan kiviä, kasveja tai muita esteitä, pieniksi kinoksiksi, jotka vähitellen kasvavat ja lopulta yhtyvät hiekkakentän sisämaanpuoleista laitaa reunustavaksi yhtäjaksoiseksi hiekkaharjanteeksi eli dyyniksi ¹⁾. Hiekantulon jatkuessa kasvaa dyynin sisämaanpuoleinen rinne yhtämittaisesti haudaten alleen kaiken mitä eteen sattuu, jotavastoin rannanpuoleinen rinne (»deflatiopinta») samanaikaisesti »kuluu» tuulen kuljettaessa siitä hiekkaa harjanteen yli eturinteelle. Tällä tavoin dyyni siirtyy rannalta yhä edemmäksi sisämaahan päin, toisinaan nopeammin, toisinaan hitaammin, riippuen hiekantulon runsaudesta. Samalla se kasvaa sekä leveyttä että korkeutta. Suotuisissa oloissa, esim. Saksan Itämeren rannikolla, kulkudyynit vaeltavat 4—10 m ja jopa 17:kin m vuodessa, ja korkeimpien dyynien harja kohoaa 50—62 m merenpintaa ylemmäksi. Dyynin rannanpuoleinen rinne on hyvin loiva: 4°40'—14°, tavallisesti n. 7°; sisämaanpuoleinen rinne sitävastoin on melkoisen jyrkkä: 28—33°, joskus vieläkin jyrkempi. Kulkudyynin etäännyttyä kauvemmas rannasta muodostuu hiekkakentälle rannan lähelle useinkin uusi dyyni, esidyyni, joka aluksi on aivan vähäinen, mutta ennen pitkää kasvaa ja vuorostaan aloittaa vaelluksensa sisämaahan päin. Uusi dyyni ehkäisee hiekan kulkeutumisen varhaisemmalle dyynille, joka sen johdosta pian pysähtyy kulussaan ja verhoutuu kasvipeitteellä. Tällaisia metsittyneitä entisiä dyynejä tavataan paikoin Suomessakin.

Suomenlahden ulkosaarilla, Suursaarta lukuunottamatta, luontosuhteet ovat lentohietikköjen syntymiselle sikäli verraten suotuisat, että näitä saaria suurelta osalta reunustavat hiekkamatalikot, joista ehtymättömästi riittää hiekkaa aaltojen rannalle heiteltäväksi ja tuulen siitä edelleen kuljetettavaksi. Hiekka on myöskin niin löyhää ja pienirakeista, että kovanlainen tuuli sen helposti saa liikkeelle (vert. s. 20). Tuulensuunnan suhteen ulkosaarten hiekkarantojen asema tosin ei yleensä ole kaikkein edullisin, mutta ei toisaalta aivan epäedullinenkaan. Vallitseva tuulensuunta ulkosaarilla on lounainen ja sen ohella länsi, joten näihin suuntiin antava rannikko olisi

¹⁾ Sana »dyyni» (ruots. dyn, saks. Düne, engl. down ja nykyään, varsinkin Amerikassa, myös dune, ransk. dune, ital. ja esp. duna, latin. dunum) on kielitieteilijäin mukaan peräisin keltinkielestä, jossa se merkitsee jyrkkää kumpua tai kukkula.

tuulen suhteen suotuisin lentohietikköjen syntymiselle ja kehitymiselle. Ulkosaarten lentohietikoista on, kuten tuonnempana tul-
laan näkemään, kuitenkin vain yksi ainoa länsirannikolla, muut
ovat itä-, etelä- tai pohjoisrannikolla. Etelä- ja pohjoisrannikko
ovat tuulensuunnan kannalta epäedullisimmat, mutta itärannikko
on, vaikkakin epäedullisempi kuin länsirannikko, kuitenkin sikäli
edullinen, että idästäkin joka tapauksessa sangen usein puhaltaa
navakoita tuulia, jotka saavat hiekan liikkeelle. Lentohietikköjen
syntymistä ja laajenemista edistää osaltaan maankohoaminenkin,
joskaan ei läheskään siinä määrässä kuin Suomen Pohjanlahden ran-
nikolla. Suomenlahden itäosassa on maankohoamisen määrä nim.
0.2—0.3 m vuosisadassa, jotavastoin se Pohjanlahden rannikolla
on 0.6—0.9 m.

Ulkosaarten lentohietiköt.

Seiskarin lentohietikkö.

Seiskarin saari sijaitsee lähes 4 peninkulman päässä Karjalan kannaksen rannikosta; Inkerin rannikolle on lyhin etäisyys miltei puolta pienempi. Saari on muodoltaan pitkänomainen, 4 km pitkä ja 1—1 ½ km leveä, ja alaltaan 4.3 km². Asukkaita on (v. 1923) 868, joten km² kohden tulee kokonaista 202 asukasta. Seiskari onkin Suomen tiheimmin asuttu maalaiskunta. Asutus on keskittynyt ahtaalle alalle saaren länsiosan keskusta.

Koko saari on sangen matalaa, niinpä korkeinkaan kohta ei kohoa 12 m korkeammalle merenpinnasta. Länsiosa on kivikkoista murtosorاماata, itäosa on hiekkaa. Keskustan halki kulkee kutakuinkin selväpiirteinen matala hiekkaharjanne, kenties ammoin sitte metsittynyt dyyni. Länsiosassa on asumusten ympärillä pieniä perunamaita ja niittytilkkuja, jotapaitsi etäämmälläkin on vähäisiä soita raivattu niityiksi. Muu osa on aukeata tai kasvaa metsää, kuivat maat mäntyä, tuoreet ja kosteat maat pääasiassa kuusta. Lehtipuut ovat aivan harvinaisia; uusien syntymisen estää karja täydelleen. Itäosa on rannan puolella aukeata lentohietikköä, vastakkaisella puolella kasvaa männikköä. Metsien kokonaisala on saaren asukaslukuun verrattuna pieni, jonka vuoksi metsää käytetään hyvin säästären; kävyt ja oksat kerätään tarkoin talteen, samoin meren rannoille heittämät puut. Saarta ympäröi laaja hiekkamatalikko ja länsipuolella vaikeuttaa saarelle pääsyä lisäksi tiheä karikko.

Lentohietikkö käsittää saaren koko itärannikon, jotapaitsi se pohjoispäässä jatkuu kapeahkona hetken matkaa luodetta kohti ja etelässä lounaaseen Lounatrivi-nimisen niemen ja karikon tyveen asti. Sen suurin pituus on 3.3 km ja suurin leveys 640 m. Leveimmillään on hietikkö keskikohdastaan jonkin matkaa etelään päin, eteläpuolella tietä, joka hietiköltä vie sen lähellä (parin sadan metrin päässä) olevan kansakoulun ohitse kylään. Näiltä vaiheilta hietikkö kapenee sekä pohjoiseen että etelään päin. Kapeimmillaan se on, luoteeseen ja lounaaseen pistäviä kärkiä lukuunottamatta, hieman Tokorivi-nimisestä niemestä etelään, jolla kohdalla sen le-

veys on 200 m. Koko lentohietikön ala eli se ala, jolle lentohiekkaa on levinnyt, on 131.9 ha, t. s. 31 % eli lähes kolmannes saaren koko alasta. Aivan metsätöntä hietikköä on 101.7 ha; jäännös eli 30.2 ha kasvaa harvakseen mäntyä. Ainoastaan paikotellen, pääasiassa sisämaanpuoleisilla reunamilla, missä puut eivät vielä ole syvälle hautaantuneet, on metsä toistaiseksi tiheämpää.

Kuten loppuun liitetyistä profiileista nähdään kohoaa lentohietikkö sangen loivasti merestä. Keskustassaan se on verraten tasaista tai paikoin loivan aallokkoista; vasta kulkudyynin harjaa kohden nousu käy huomattavammaksi. Dyynin eturinne on, kuten tavallista, paljon jyrkempi; ainoastaan paikoilla, missä hiekantulo on vähäisempi tai maasto kohoaa jyrkemmin saaren sisäosaa kohti, on eturinteen vietto loivempi. Kulkudyynin harja on 6—12 m merenpintaa ylempänä, mutta edessä olevan maan pinnan ja dyynin harjan korkeusero on vain 3—6 m. Harja on paikoin aivan laakea. Siellä täällä on tuuli syövyttänyt dyyniin aukkoja, joten se ei jatku aivan yhtäjaksoisena ja säännöllisenä. Lentohietikön pohjoispäässä on hietikkö tuulen puhkaisemasta »portista» levinnyt kapeahkona kielekkeenä länttä kohti. Aukon pohjoispuolella on säilynyt Sysimäkiniminen pieni kumpu, jolla ennen kuin majakka v. 1858 rakennettiin saaren luoteiskärkeen, pimeänä aikana poltettiin sysivalkeata opastukseksi merenkulkijoille. Lentohietikön luoteis- ja lounaisperukoissa ei varsinaista dyyniä ole laisinkaan.

Milloin lentohietikkö on saanut alkunsa on tietymätöntä, mutta todennäköisesti se on ainakin 2—3 vuosisataa vanha. 18. vuosisadan loppupuolella, jolloin Etelä-Euroopassa raivosi rutto, rakennettiin Venäjän hallituksen toimesta Seiskarin itärannikolle karanteeniasema Pietariin aikovia laivoja varten. Rakennuspuut hakattiin arvattavasti viereisestä metsästä, mikä epäilemättä edisti lentohiekan leviämistä. Näiden rakennusten kivijaloista on ¹⁾ vielä rautioita jäljellä, joskin osaksi hiekan peitossa. Niistä päättäen on yksi rakennuksista (tai ehkä yhtäjaksoinen rakennusjono) ollut n. 80 m pitkä. Samalta ajalta on pieni hautausmaa lentohietikön pohjoispäässä (merkitty loppuun liitetystä kartassa kolmella ristillä). Tuuli on viime vuosisadan jälkimmäisellä puoliskolla kuljettanut pois hautoja peittävän hiekan, niin että joukko vaalenneita luita on tullut näkyviin.

Saaren sekä vanhemmat että nuoremmatkin asukkaat kertovat yhtäpitävästi, että lentohietikkö on heidän elinaikansa silmin havaittavasti laajentunut saaren sisäosia kohti, toisina vuosina

¹⁾ Sillä osalla hietikköä, joka loppuun liitetystä kartassa jää a—a ja b—b linjojen välille.

nopeammin, jopa useita metrejä, toisina hitaammin. Laajenemisen nopeus riippuu ennen kaikkea siitä, miten tavallisia minäkin vuonna ovat navakat itätuulet, jotka kuljettavat hiekkaa rannalta saaren sisäosia kohti. Ankara itätuuli kiidättää hiekkaa sellaisella vauhdilla, että hietiköllä kävellessä kasvoihin koskee, ja hietikön reuna saattaa tällöin muutamassa päivässä edetä muutamia desimetrejä, joskus yli metrinkin.

Ainakin pääpiirteisin oikean kuvan lentohietikön laajenemisesta saa, kun vertaa tutkimuksen yhteydessä laadittua karttaa Seiskarin v. 1844 tehtyyn isojakokarttaan. Vertailu osoittaa, että lentohietikkö on kuluneiden 81 vuoden aikana miltei kaikkialla kasvanut saaren sisäosia kohti. Huomattavin on laajeneminen ollut laajalla vyöhykkeellä lentohietikön keskiosissa, missä hietikön reuna on siirtynyt 50—150 m, keskimäärin n. 80 à 100 m, lännemmäksi. Keskimääräinen vuotuinen eteneminen on näillä tienoilla siis ollut n. 1 à 1 ½ m. Aivan aukean (metsättömän) hietikön suurin leveys oli v. 1844 edellä mainitun, kylään vievän tien eteläpuolella 500 m, nyt se on samalla kohdalla 600 m. Ainoastaan itärannikon pohjoisosissa, missä lentohietikkö on kapeimmillaan, on sen laajeneminen ollut hitaampi tai jopa pysähdyksissäkin. Koska lentohietikkö laajenee länttä kohti n. 3—4 km pitkällä rintamalla, niin voidaan sen keskimäärin vuosittain valtaama lisäala arvioida 3,000 à 4,000 m²:ksi. Eteläpäässä, Pienenhiekan nenän ja Lounatrivin välillä, jossa ranta on hyvin matalaa, on hietikkö laajentunut muutamia kymmeniä metrejä merelle päin.

Saaren sisäosia kohti edetessään kulkudyyyni hitaasti mutta varmasti hautaa alleen kaiken kasvillisuuden. Ellei sillä kaikkialla olisi ollut vastassa metsää, olisi eteneminen varmasti tapahtunut paljon nopeammin. Puut nimittäin elävät vielä muutamia vuosikymmeniä sen jälkeen kuin ne ovat alkaneet peittyä hiekkaan, ja harvakin metsä hidastuttaa melkoisesti hiekan etenemistä. Tämän tietävät saarelaisetkin kokemuksestaan varsin hyvin ja varovat sen vuoksi kaatamasta puita lentohietiköltä ja sen reunamilta. Vasta sitten, kun puu kauvan syvästi hiekassa elää kituutettuaan vihdoinkin kuolee ja keloutuu, korjataan siitä saatavissa oleva latvapuoli taloudessa käytettäväksi. Kylään vievän tien eteläpuolella on hiekka parhaillaan leviämässä lentohietikköön rajoittuvalle niitylle. Hiekan-tuloa on koetettu estää tiheällä aidalla, mutta aita toisensa jälkeen on hautaantunut hiekkaan. Tuhoa on täten voitu vain hieman viivyttää, mutta ei ehkäistä.

Aloitteita lentohietikön sitomiseksi ei ole kokonaan puuttunut. Seiskarin entinen pastori EMIL HACKMAN kävi v. 1913 (?), osaksi

Seiskarin kunnan, osaksi valtion avustamana, Tanskassa tutustumassa lentohietikköjen sitomismenetelmiin. Matkaltaan hän toi mukanaan »hanhenjalkakauran» (*Psamma arenaria?*) siementä, jota oli tarkoitus kylvää hietikölle. Lentohietikön sitominen näyttäytyi kuitenkin suuritöisemmäksi ja kalliimmaksi kuin oli osattu aavistaa ja puuha raukesi alkuunsa. Siemensäkit jäivät kansakoulun aitan nurkkaan, kunnes puutarhanhoidonneuvojan käydessä koululla parisen vuotta myöhemmin suurin osa siemeniä kansakoululapsilla kylväytettiin lentohietikölle koulun lähelle. Kylvö nousi oraalle, mutta »kuivettui sitten kesän kuumaan».

Lavansaaren lentohietiköt.

Lavansaari, joka sijaitsee 2 $\frac{1}{2}$ peninkulmaa Seiskarista länteen, on ääriviivoiltaan paljon vaihtelevampi kuin viimeainittu. Se on muodostunut kahdesta osasta: varsinaisesta Lavansaaresta ja sen itäpuolella olevasta pienemmästä Suisaaresta, jotka ovat kapean kannaksen yhteen liittämät. Koko saaren pinta-ala (ilman vesiä) on 13.4 km². Asukasluku on (v. 1923) 1,338, joten km² kohden tulee 100 asukasta. Asukastiheys on siis täälläkin suuri, mutta ei kuitenkaan täyttä puoltakaan siitä kuin Seiskarissa. Asutus on keskittynyt vähäiselle alalle saaren luoteisosaan, kolmeen kylään, jotka ovat miltei yhteen sulautuneet. Lavansaaren kuntaan kuuluu myös 6 km Suisaaresta koilliseen sijaitseva asumaton Peninsaari.

Kuten Seiskari on Lavansaarikin kauttaaltaan sangen matalaa. Korkein kohta, Puokinmäki saaren pohjoisosassa, lienee 16 m merenpintaa ylempänä; lähes yhtä korkea on länsirannalla kohoava Hiekkakukkula. Saari on suurimmalta osaltaan murtosoramaata, pääasiassa vain rannoilla, eikä niilläkään kaikkialla, tavataan hiekkaa. Sisäosien notkelmat ovat soistuneet. Eteläosassa on pieni järvi, jonka nimi on Suurjärvi, ja sen vieressä vähäinen lampi, Pienjärvi. Kallioperä ei tule missään näkyviin. Viljelyksiä on lavansaarelaisilla suhteellisesti enemmän kuin seiskarilaisilla, mutta suurin osa saarta on metsien peitossa. Kuivat kankaat, jotka ovat enemmistönä, kasvavat täälläkin mäntyä, tuoreet kankaat ja suot kuusta tai kuusta ja mäntyä sekaisin. Luoteisrannalla on vähän koivuakin. Metsät ovat yleensä kutakuinkin hyvin säilyneet vaikka venäläiset sotilasviranomaiset niitä paikutellen pitelivät pahoin kaataessaan maailmansodan aikana puita linnoitusrakennuksiin. Saarelaiset itse käyttävät metsiään säästeliäästi joskaan varsinaisesta metsänhoidosta ei juuri voida puhua.

Lavansaarella on kaikkiaan neljä lentohietikköä: Hiekkataipale, Hiekkakukkula, Suurjärven kannaksen lentohietikkö sekä Pohjakylän lentohietikkö. Kaikki ne ovat verraten vähäisiä. Pohjakylän aivan pieni lentohietikkö, joka sijaitsee rannalla itse kylässä, on jätetty tutkimuksen ulkopuolelle, syystä että sen pitää kurissa asutus. Hietikön reunalle on nim. kuin uhmaten rakennettu taloja ja hiekka on tonttimaillo joko saatu nurmettumaan tai tehty pelloiksi. — Vähäisiä lentohietikkoja on myös Peninsaarella.

Suurin ja muutenkin mainittavin on Hiekkataipaleeksi sanottu, varsinaisen Lavansaaren ja Suisaaren välisen kannaksen käsittävä lentohietikkö. Se on n. 1 km pituinen ja keskiosassaan n. 200 m leveä; päitä kohti leveys lisääntyy. Kumpaisessakin päässä hietikkö haaraantuu kahdeksi rantoja seuraavaksi kielekkeeksi, joiden välille jää ylävämpää maata. Hietikön ala on 35 ha, josta 27 ha on aivan metsätöntä, loppu harvan tai harvanlaisen männikön peittämää. Kannaksen molemmin puolin olevat hiekkapohjalahdet ovat loitolle hyvin matalat ja itse kannaskaan ei keskiosassaan kohoa 4—5 m korkeammalle merenpinnasta. Korkean nousuveden aikana, kuten esim. syksyn 1924 ankaran myrskyn aikana, joutuukin suuri osa kannasta veden alle. (Vert. loppuun liitettyä karttaa.) Kannaksella, etenkin sen keskustan matalalla harjanteella, on hiekka yleensä pienempien ja isompien (katukiven suuruisten) kivien sekaista.

Vanhimmat paikkakuntalaiset tietävät kertoa, että hietikkö ennen oli sekä länttä että itää kohti tuntuvasti lyhempi. Niissä kohdissa, missä kartalle on merkitty kantoja, kasvoi yli 50 vuotta sitten metsää, mutta varomattoman hakkauksen jälkeen tuuli repi maapeitteen rikki ja kuljetti hiekan pois parin metrin vahvuudelta. Tällöin paljastuivat kannaksen länsiosassa, Vanhankirkonmäellä olevan Lavansaaren muinaisen hautausmaan haudat ja yhä vieläkin tapaa paikalla vaalenneita luita vaikka niitä on koetettu uudelleen peittää hiekkaan. Myöskin vertaamalla tutkimuksen yhteydessä laadittua karttaa vuoden 1860 isojakokarttaan voi todeta hietikön viime ja tällä vuosisadalla laajentuneen. Keskiosassaan on kannas kuluneiden 65 vuoden aikana jonkin verran levinnyt. Kumpaisessakin päässä, mutta varsinkin itäpäässä hietikkö valtaa jatkuvasti alaa metsältä.

Hiekkakukkulan lentohietikkö, joka sijaitsee saaren länsirannalla Suurenhiedanlahden perukassa, ulottuu 320 m päähän rannasta. Leveys on kutakuinkin yhtä suuri kuin pituus, kapeimmassa kohdassa tosin pienempi, mutta leveimmässä jonkin verran isompi. Hietikön ala on 9.5 ha, josta metsätöntä on 5.6 ha. Edustalla oleva hiekkapohjainen lahti on sangen matala, pohjois- ja eteläreunoilla kivikkoinen.

Lentohietikkö kohoaa rannasta sangen loivasti n. 160—170 m matkan, mutta sitten nousu käy jyrkemmäksi. 280 m päässä rannasta on kulkudyynin korkein kohta, Hiekkakukkulan laki, joka on 14.5 m merenpintaa ylempänä. Laelta dyyni viettää n. 20° kulmassa miltei vieressä olevalle, kylään vievälle tielle saakka, joka on 8 m dyynin lakea alempana ja siis 6.5 m korkealla merenpinnasta. Kulkudyyneillä kasvaa syvälle hautaantunutta harvaa, aukkoista mäntyä, tienpuoleisella reunalla myös kuusta. Sivuille päin keskustastaan hietikkö kohoaa loivemmin, rannan puolella hyvinkin vähän. Laakean keskustan pohjoisreunamalla on kaksi pientä tiheänlaista nuorta männikköä. Syksyn 1924 ankaran myrskyn aikana ulottui nousuvesi itäisemmän metsikön rannanpuoleiseen päähän asti.

Koska edustalla olevassa lahdessa edelleenkin riittää kevyttä hiekkaa, tulee hietikkö ankarammilla länsituulilla epäilemättä jatkuvasti laajenemaan itää kohti ja ennen pitkää hautaamaan alleen myös sen ohitse vievän tien. Pohjois- ja eteläreunamille on hiekan-tulo nykyisin verraten niukka, kuten huomaa siitä, että maata monin paikoin peittää karikekerros.

Saaren etelärannikolla sijaitseva Suurjärven kannaksen lentohietikkö on lähes 800 m pitkä, mutta leveimmässäkään kohdassa, keskustassaan, vain 140 m leveä. Päitään kohti hietikkö kapenee ja itäpäässä hiekka vähitellen vaihtuu karkeammaksi. Hietikön ala on vain 6 ha. Rannalla hiekka on pienten kivien sekaista.

Hietikkö kohoaa rannasta loivasti eikä itse kulkudyynikään ole korkea: länsiosassa sen laakea harja on n. 6—8 m merenpintaa ylempänä, itäosassa on korkeus vain puolet siitä. Paikotellen on harja epätasainen, kumpareinen. Kulkudyyneillä kasvaa paikoin tiheänlaista, mutta enimmäkseen kuitenkin harvaa, osaksi hiekkään hautaantunutta männikköä. Rannempanakaan ei hietikkö ole aivan aukea vaan kasvaa sillä harvakseen yksittäisiä leveälatvuksisia, vanhempia ja nuorempia mäntyjä, joiden tyvet ovat hiekan peitossa. Niiden alla on hiekalla runsaasti käpyjä ja oksakarikkeita. Siellä täällä on jokunen pieni katajaryhmä, johon on kinostunut hiekkaa, niin että usein vain pensaiden latvapuoli on näkyvissä. Ainoastaan varsinainen ranta on 40—50 m leveydeltä aivan puutonta.

Tytärsaaren lentohietikkö.

Tytärsaari sijaitsee 3 1/2 peninkulmaa Lavansaaresta länsilounaaseen ja lähes 2 peninkulmaa matkailupaikkana suosituksi tulleet Suursaaresta eteläkaakkoon. Etäisyys Kotkasta on 6 1/2 peninkulmaa; Viron rannikko on 2 peninkulmaa lähempänä. Saari on

melkein ympyränmuotoinen ja ehytrantainen, laajimmalta kohdaltaan $3\frac{1}{2}$ km läpimitaten. Sen ala on 7.2 km^2 ja asukasluku (v. 1923) 546. Km^2 kohden tulee siis 76 asukasta. Asutus on keskittynyt saaren eteläpäässä sijaitsevaan kylään. Kuntaan kuuluu myös 14 km Tytärsaaresta länsilounaaseen sijaitseva asumaton Pien-Tytärsaari eli Säyvi.

Tytärsaari on geologialtaan tavallaan vuorisen Suursaaren ja laakean Lavansaaren välimuoto. Sen länsiosa on kallioista (kvartsiittia ja punaista graniittia), keskiosassa kulkee pohjoisesta etelään murtosoravyöhyke, jossa siinäkin monin paikoin pistää avoin kallio näkyviin, ja itäosa on hietikköä. Kallioalueen korkein kohta on n. 50 m merenpinnan yläpuolella. Siellä täällä, varsinkin saaren itäpuoliskossa, on soita, joista useat ovat raivatut viljelykselle. Vähäisiä viljelyksiä on myös kylässä ja sen lähimmässä ympäristössä. Etenkin murtosora-alueella, mutta enimmäkseen muuallakin, kasvaa metsää, kuivilla mailla mäntyä, tuoreilla ja kosteilla sen ohella tai pelkästään kuusta. Rannoilla ja soilla tavataan paikatellen tervaleppää. Metsät ovat yleensä ankarasti hakattuja ja karja vaikeuttaa niiden uudistumista.

Lentohietikkö sijaitsee saaren itäreunalla. Sen suurin pituus (kutakuinkin pohjoisesta etelään) on 1.5 km ja suurin leveys 600 m. Leveimmillään on hietikkö keskikohdan tienoilla, siitä se kapenee sekä pohjoiseen että etelään. Lentohietikön ala on, hietiköllä tavattavat kivikot mukaan luettuina, 53.6 ha, josta suurin osa, nim. 44.6 ha, on aivan puutonta hietikköä tai kivikolua; loppuosalla (9.0 ha) kasvaa harvakeen yksittäisiä puita tai pieniä puuryhmiä taikka harvaa metsää. Miltei kaikkialla ovat puut osaksi hiekkään hautaantuneita. Vallitsevana puulajina on luonnollisestikin mänty; ainoastaan parissa kohdassa kasvaa kuusta, samoin muutamia tervaleppiä. Loppuun liitettyllä kartalla louhikoiksi merkityillä laikuilla on harvakeen isoja kiviä, joista suurimmat ovat 1—2 m läpimitaten. Tuomäen nenän louhikosta kulkee rannan suuntaisesti hietikön eteläpäähän saakka kapea hiekan sekainen somerovyöhyke. Meri hietikön edustalla on verraten loitolle matalaa ja hiekkapohjaista. Hietikön pohjoisosassa, Muonterissa, sekä Tuomäen nenällä ja etelässä Nuottakarin lähellä on ranta ja sen edusta kivikkoista.

Kuten loppuun liitetystä profiileista havainnollisesti selviää, on lentohietikön merenpuoleinen osa hyvin tasaista, vain aivan loiva kohoaminen länttä kohti on huomattavissa. Pinnan pienemmät, aaltomaiset epätasaisuudet eivät profiileissa tule näkyviin. Keskustasta kulkudyynille nousu lisääntyy, saavuttaen päätekohtansa kulkudyyynin laella. Kulkudyyynin huomattavin osa, Kaunismäki,

muodostaa länteen taipuneen kaaren muotoisen harjanteen, jonka laki on 15—19 m, eräässä kohdassa jopa 21 m, merenpintaa ylempänä. »Mäen» merenpuoleinen rinne on metsätön ja laellakin kasvaa vain harvakseen syvään hautaantuneita petäjiä tai jokunen kitulias kuusikin, mutta kaikessa karuudessaan se on jylhän mahtava ja sen korkealta laelta tarjoutuu avara näköala Suomenlahden ulapalle. Saarelaisten kertoman mukaan Kaunismäki vietti aikaisemmin jyrkemmin merelle päin, mutta tuuli on sen kuluttanut loivemmaksi. Keski- ja eteläosassaan Kaunismäki sisämaan puolella laskee sangen jyrkästi (paikoin 25—30° kulmassa) sen edessä olevaan maastoon, joka on 5—8 (10) m dyynin lakea alempana. Pohjoisosassa, jossa dyyni on matalampi ja edessä oleva maasto on ylempänä merenpinnasta, on eturinne loivempi. Kaunismäen eteläpuolella on sitä pienempi, 15 m korkealle merenpinnasta kohoava Tuomäki. Sen merenpuoleisesta rinteestä on tuuli kuljettanut hiekkaa molemmille sivuille, niin että rinne on syöpynt sangen jyrkäksi. Mäen laella kasvaa harvakseen yksittäisiä, hiekkaan hautaantuneita mäntyjä. Tuomäen eteläpuolella kulkudyyni on aivan matala, syystä että hiekantulo täällä on niukempi. Metsäkin sillä on paremmin säilynyt, joskin se kyllä on harvaa ja aukkoista. Sekä Kaunismäen että Tuomäen tienoilla on tuuli paikoin kuluttanut kulkudyynin aukkoja. Tuomäen pohjoispuolella on länteen edentyneestä kulkudyynistä jäänyt jäljelle parisen yksinäistä kumpua, joilla kasvaa muutamia hiekan syvälti hautaamia petäjiä.

Lentohietikkö lienee jo muutamia satoja vuosia vanha. Perintätietona kerrotaan, että hietikkö olisi saanut alkunsa varomattoman metsänhakkauksen johdosta. Mainitaanpa, että saaren ensimmäiset asumukset olisivat olleet itärannalla, mutta lentohietikka olisi pakoittanut asukkaat muuttamaan nykyisen kylän paikalle. Aikojen kuluessa on kulkudyyni edentynyt yhä kauvemmas rannalta haudaten alleen kaiken metsän. Sitä mukaa kuin hiekkaharjanne siirtyy eteenpäin paljastuvat sen hautaaman metsän lahonneet jäännökset näkyviin. (Kts. loppuun liitettyä karttaa.) Vertaamalla nyt laadittua karttaa vuoden 1848 isojakokarttaan huomataan, että lentohietikkö on 77 v. kuluessa melkoisesti laajentunut keski- ja pohjoisosissaan. Sen länsirajalla sijaitsevan Ollin suon merenpuoleinen reuna oli v. 1848 tienoilla 50 m päässä hietikön reunasta, nyt on hietikön »rintama» jo suon puolivälissä, 80 m ohi suon entisen reunan. Pohjoisessa sijaitseva Ryytsantin suo ulottui v. 1848 hietikön reunaan, nyt on suo jo 80 m leveydeltä hautaantunut. Lentohietikön pohjoisosa on sitten v:n 1848 laajentunut 80—100 m sisämaahan päin, siis keskimäärin 1—1 $\frac{1}{3}$ m vuodessa, keskiosa 100—160 m, siis keskim. 1 $\frac{1}{3}$ —2 m

vuodessa. Eteläosassa laajentuminen on ollut epäsäännöllisempi, osittain 60—80 m, osittain aivan pysähdyksissä. Koko hietikön ala on kysymyksessä olevana ajanjaksona lisääntynyt n. 10.5 ha:lla eli n. 24 %:lla. Jos verrataan nyt laadittua karttaa erääseen v. 1909 tehtyyn tilusjakokarttaan, niin havaitaan, että hietikkö näinkin lyhyenä aikana on selvästi laajentunut. Saarelaisten mukaan on kulkudyyne toisina vuosina siirtynyt jopa muutamia metrejä eteenpäin.

Vuonna 1896 löydettiin lentohietiköltä (suunnilleen siltä kohdalta, missä kartalla IV linja leikkaa risteillä merkityn alueen) komea skandinaavilainen kullattu hopeasolki, joka on peräisin 500-luvulta j. Kr. Löytöpaikasta vähän pohjoiseen (pienen louhikon lähetyviltä) löydettiin kaivauksia tehtäessä v. 1909 saviastian palasia ja palaneita luita. Kaivettaessa tavattiin hiekassa myös ohuita hiilikerroksia.¹⁾

Ulkosaarten lentohietikkojen hiekka.

Lentohiekan hiekkajyväset ovat sangen eri kokoisia. Voidaan kuitenkin puhua hiekan keskimääräisestä jyväsuuruudesta. Se on eri hietikoilla erilainen, mutta samallakin hietiköllä vaihtelee keskimääräinen jyväsuuruus tavallisesti sen mukaan miten etäältä rannasta hiekanäyte otetaan. Karkeammat jyväset, joita tuulen on vaikea lennättää, jäävät rannemmalle, kevyemmät, jotka helposti »lentävät» tuulessa, kulkeutuvat kulkudyyneille saakka.

JENTZSCH mainitsee (GERHARDT y. m. 1900, s. 35) toimittamiensa analyysien tuloksina m. m. seuraavat numerot, jotka osoittavat eri suuruisien jyvästen prosenttimääriä Saksan Pohjanmeren rannikko-saarten hiekassa:

Seutu	Paikka, josta näyte on otettu	yli 2	Hiekkajyvästen läpimitta mm.			
			2—1	1.0—0.5	0.5—0.2	alle 0.2
			%—määrä näytteessä			
Sylt	Uloin ranta, merihiekkaa	5.8	32.4	35.7	25.5	0.5
	Esidyyni, lentohiekkaa	—	0.5	18.2	76.8	4.5
	Sisädyyni, »	—	2.1	14.4	80.4	3.0
Borkum	Rantavalli, merihiekkaa	—	—	—	52.0	48.0
	Esidyyni, lentohiekkaa	—	—	—	16.6	83.4
	Sisädyyni, »	—	—	—	6.5	93.5

Syltin lentohiekassa siis olivat 0.5—0.2 mm suuruiset jyväset valtavana enemmistönä, Borkumin lentohiekassa sitävästoin alle

¹⁾ Kesällä 1926 löydettiin hietiköltä vielä n. v:n 600 j. Kr. vaiheilta peräisin oleva pronssinen miekan hankkilus.

0.2 mm suuruiset jyvät; sitäpaitsi oli Borkumin lentohiekka paljon tasajyväisempää. Itä-Preussin hiekkasärkkien lentohiekka oli näiden kahden äärimmäisyyden väliltä.

WARMING julkaisee (1907—1909, s. 9—10) joukon analyysituloksia, jotka kuvaavat jyväsuuruutta Tanskan lentohietikoilla. Seuraavassa mainitaan hänen mukaansa eräitä numeroita jyväsuuruudesta Tanskan merenrantalentohietikoilla:

Seutu ja paikka	2—1	Hiekkajyvästen läpimitta mm.		
		1.0—0.5 %-määrä näytteessä	0.5—0.25	alle 0.25
Pohjois-Jyllanti:				
Raabjerg, dyyni	—	—	91.4	8.6
Tannishus, »	—	—	50.1	49.9
Uggerby, »	—	—	53.7	46.3
Hirshals, »	—	—	92.9	7.1
Hanstholm, » (Myrskyinen seutu)	9.4	15.2	70.8	4.6
Lønstrup, »	—	0.2	17.0	82.8

Jyllannin länsirannikko:

Søndervig, dyyni	1.8	1.2	85.9	1.1 ¹⁾
Nordby (Fanø), ranta	—	2.5	19.2	78.3
» » dyynin harja	—	—	16.7	83.3
» » dyynin eturinne	—	—	38.4	61.6
Sønderho (Fanø), dyyni	—	0.3	62.7	37.0
Amrum, dyyni	—	—	75.4	24.6

Kattegatin rannikot:

Hornbaek, dyyni	—	0.4	94.3	5.3
Tisvilde, »	—	0.8	99.0	0.2

Itämeren rannikot:

Bornholm, dyyni	—	—	95.0	5.0
» »	—	0.3	99.1	0.6
» »	—	—	93.5	6.5

Kuten näkyy on lentohiekka näissä eri näytteissä kutakuinkin tasajyväistä. Vallitseva jyväsuuruus on 0.5—0.25 mm; vain muutamissa näytteissä on hiekka sitä hienompaa. WARMING huomauttaa, että rantahiekka on yleensä tuntuvasti karkeampaa kuin dyynihiekka, jota näytteet miltei poikkeuksetta ovat.

¹⁾ Joku numeroista on virheellinen, koska loppusumma ei ole 100.0 vaan 90.0.

Fårön (Ulla Haun) lentohietiköllä Gottlannissa oli jyväsuuruus HESSELMANIN tutkituttamien näytteiden mukaan seuraavanlainen (HESSELMAN 1908):

Näytteen ottopaikka	yli 2	Hiekkajyvästen läpimitta mm.			
		2—0.5 %—määrä näytteessä	0.5—0.2	0.2—0.02	alle 0.02
Deflatiopinta	5.85	5.4	58.2	36.2	0.2 ¹⁾
Dyyini	—	0.4	64.2	35.3	0.1

BORGSTRÖM'in tutkimissa suomalaisissa lentohiekkänäytteissä oli jyväsuuruus seuraavanlainen (BORGSTRÖM 1919):

Seutu	yli 1	Hiekkajyvästen läpimitta mm		
		1—0.5 %—määrä näytteessä	0.5—0.25	alle 0.25
Tytärsaari	0.00	0.04	14.70	85.26
Suursaari	2.34	8.89	37.77	51.00
Järvenpakka, Koiviston Tiurin- saari	1.47	28.36	52.55	17.62
Yyteri	—	2.52	46.88	50.60
Länteenpakka, Kalajoki	0.22	0.10	0.29	99.39

Jyväsuuruus on siis varsin erilainen eri lentohietiköillä. Tasa-jyväisintä on hiekka näytteiden mukaan Länteenpakan lentohietiköllä, mutta hyvin tasajyväistä on myös Tytärsaaren lentohietikön hiekka.

Tämän kirjoittajan ottamissa lentohiekkänäytteissä oli jyväsuuruus seuraavanlainen:

Lentohietikkö	2—1	Hiekkajyvästen läpimitta mm		
		1—0.5 %—määrä näytteessä	0.5—0.25	alle 0.25
Seiskarin, ranta	0.06	4.63	94.31	1.00
» kulkudyyni	0.08	9.74	89.87	0.31
Lavansaaren Hiekkakukkula, kul- kudyyni	0.21	24.07	75.13	0.59
Tytärsaaren, kulkudyyni	0.01	10.21	89.07	0.71
Muurilan (Kuolemajärven pit.), kul- kudyyni	0.33	36.95	61.99	0.73

Seiskarin ja Tytärsaaren lentohietikköjen hiekka näyttää siis olevan melkoista tasajyväisempää kuin Hiekkakukkulan ja Muurilan lentohietikön. Täysin tarkka ei seula-analyysin antama tulos kuitenkaan koskaan ole, sillä hiekkajyväset ovat hyvin eri muotoisia

¹⁾ Prosenttilukujen summa ei ole 100, kuten pitäisi olla, vaan 105.85, joten luku 5.85 lienee painovirheen tuote.

eivätkä ne sen vuoksi aina juokse mittansa mukaisen seulan lävitse. Näytteiden luku myös on vähäinen.

Myöskin lentohiekan mineraalinen kokoomus on sangen erilainen eri lentohietikoilla. Useimmiten on lentohiekassa kuitenkin kvartsi verrattomasti runsaammin edustettu kuin mikään muu mineraali. Sen ohella esiintyy joskus runsaanlaisesti maasälpää sekä vähemmässä määrässä karbonaatteja ja raskaita mineraaleja, kuten rautamalmia, granaattia y. m.

JENTZSCHIN mukaan (GERHARDT y. m. 1900, s. 38) kuvastavat seuraavat numerot, jotka ovat saadut Warnemündestä otettua näytettä tutkittaessa, myös koko Itämeren etelärannikon lentohietikköjen lentohiekan mineraalista kokoomusta:

Kvartsia	92	%
Maasälpää	5.75	»
Karbonaatteja ja raskaita mineraaleja ..	2.66	» ¹⁾

Maasälpää on äsken rannalle ajautuneessa hiekassa usein enemmän kuin hietikön sääsuhteiden vaikutuksen alaisena olleessa hiekassa. Maasälpä nim. halkeilee helpommin kuin kvartsi ja tämän vuoksi se sysäysten ja hankauksen, kuumuuden ja kylmyyden, kosteuden ja kuivuuden vaihtelujen vaikutuksesta murenee pikku hiukkasiksi, jotka tuuli lennättää pois hietiköltä. Sama on yleensä kalsiumkarbonaatin kohtalo. Mitä vanhempaa lentohiekka on, sitä vallitsevampana mineraalina on siinä näin ollen kvartsi.

Ulkosaarten lentohiekkaa tutkiessa huomaa helposti, että siinäkin kvartsi on päämineraalina; maasälpääkin (sekä kalimaasälpää että plagioklasia) on kuitenkin melko runsaasti joukossa, rautamalmia t. m. mineraaleja sitävästoin on vähäisen.

Ulkosaarten lentohiekan kemiallista kokoomusta valaisevat seuraavat Maatalouskoelaitoksella saadut analyysitulokset:²⁾

Lentohietikkö, josta näyte on otettu	Kuiva- aine %	Hekitus- kevenys % kuiva- ainesta	Tiivius- paino	Tyypä % lim- akuvasta	Elektro- lyytilä 1 litrassa matala mg	PH	0.2n suolahappoon liu- keni 4-tuntisen raviste- lun jälkeen %		
							P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
Seiskarin, ranta	99.96	0.19	1.48	0.140	356	6.27	0.176	0.110	0.490
» kulkudyyni....	99.94	0.08	1.42	0.105	28	6.14	0.153	0.090	0.456
Lavansaaren Hiekkakuk- kula, kulkudyyni.....	99.96	0.14	1.47	0.105	76	6.18	0.261	0.106	0.580
Tytärsaaren, kulkudyyni.	99.97	0.39	1.46	0.091	76	6.37	0.302	0.114	0.652
Muurilan, kulkudyyni....	99.94	0.16	1.49	0.098	112	6.32	0.276	0.098	0.580

¹⁾ Numeroiden loppusumma ei ole 100, joten joku niistä on hieman virheellinen.

²⁾ Analyysit on tehty VALMARIN julkaisussa (1921) lähemmin selitettyjä menetelmiä käyttäen.

Taulukkoa tarkastaessa pistää silmiin varsinkin typen niukuus. Se tulee vielä havainnollisemmin näkyviin, jos verrataan taulukkoa VALMARIN (1921) julkaisemiin Suomen eteläpuoliskon eri metsätyypeiltä otettujen maanäytteiden analyysituloksiin. Fosfori- ja kalisuoloista sekä kalkista sitävästoin ei nyt kysymyksessä olevien lentohietikköjen hiekassa näytä olevan mainittavampaa puutetta. Näytteitä on kuitenkin liian vähän voidakseen antaa täysin varmaa kuvaa ulkosaarten lentohietikköjen hiekan keskimääräisestä laadusta.

Ulkosaarten lentohietikköjen kasvillisuus ja kasvisto.

Lentohietiköt tarjoovat kasvillisuudelle monessakin suhteessa sangen huonot toimeentulon edellytykset. Suuria vaikeuksia tuottaa kasvillisuudelle varsinkin kuivuus. Sadevesi valuu lentohietiköllä pintakerroksista nopeasti syvempiin kerroksiin, jotapaitsi osa kosteudesta poistuu haihtumalla. Jo vähän aikaa sateen jälkeen ovat pintakerrokset täten jälleen kuivat. Pohjavedestäkään eivät pintakerrokset juuri laisinkaan pääse osallisiksi, sillä hiekan vedenkohotuskyky on yleensä hyvin huono. Taistelu liikakuivuutta vastaan on kasveille sitäkin vaikeampaa, kun myös kasvien oma haihdunta aukealla hietiköllä pyrkii olemaan liian suuri. Lämpösuhteetkin ovat lentohietikoilla verraten epäedulliset. Auringonpaahteisina päivinä lämpenee hiekka kovasti, mutta jos päivää seuraa viileä yö, niin hiekka nopeasti luovuttaa lämpönsä, joten vuorokautiset lämpövaihtelut ovat suuret. Tuuli, joka avoimella lentohietiköllä pääsee vapaasti puhaltamaan, vaikuttaa paitsi haihduntaa lisäävästi myös, ainakin milloin se on ankarampi, jo pelkästään mekaanisestikin epäedullisesti lennättämällä hiekkajyväsiä hentoja kasviosia vastaan sekä repimällä kasvia ja ennen kaikkea ryöpyttämällä hiekan pois kasvin juurilta, joten ne paljastuvat, tai päinvastoin hautaamalla kasvin lyhyessä ajassa syvälle hiekkaan. Auringon valo on suojattomalla lentohietiköllä useille kasveille liian voimakas, olle-tikin kun suoranaisten valon lisäksi vielä hiekasta heijastuu valoa lehtien alapinnoille. Kasveille välttämättömiä ravintoaineitakin on lentohiekassa useimmiten sangen niukasti tai ovat ne vaikeasti liukenevina yhdistyksinä, joten kasvien on hankalaa saada niitä hyväksensä käytetyiksi. Tuntuva puute on etenkin typestä.

Kaikki nämä seikat vaikuttavat, että lentohietikköjen sekä kasvillisuus että kasvisto miltei kaikkialla ovat hyvin niukat. Lentohietikköjen kasvillisuudella on suuressa määrin aavikkojen tai myöskin arojen kasvillisuutta muistuttava luonne. Menestymisen mah-

dollisuuksia on pääasiassa vain kuivakkokasveilla eli kserofyyteillä. Eräillä lentohietikköjen rannoilla kasvavilla kasveilla on paksut mehevät lehdet, joita suojaa vahva päällysketto. Sellaisia ovat esim. rantakaali *Ammadenia peplodes*, rantasinappi *Cakile maritima* ja otakilokki *Salsola kali*. Muutamilla lentohietikkökasveilla lehtien reunat käpristyvät tarpeen vaatiessa sisäänpäin rajoittaen siten haihduntaa. Siten suojelevat itseään varsinkin rantakaura *Psamma arenaria* ja aronadan hietikkömuoto *Festuca rubra f. arenaria*. Rantavehnällä *Elymus arenarius* ja juolavehnällä *Triticum repens v. arenaria* on siniharmaan vahahärmän peittämät lehdet, tahmealla peltovillalla *Senecio viscosus* lehdet ovat tahmeakarvaiset, hietikköjen pajuilla taas useimmiten on miltei nahkamaiset lehdet. Merinätkelmä *Lathyrus maritimus* asettaa kuivuuden vallitessa lehdykkänsä limittäin.

Erikaisen kehittyneet ja lentohietikköjen kasvupaikkasuhteisiin sopeutuneet ovat useimpien lentohietikkökasvien maanalaiset osat. Eräillä kasveilla kehittyy pitkä ja monesti lisäksi haaroittunut juurakko, josta lähtee runsaasti versoja. Sellaisia ovat rantakaura ja rantavehnä sekä juolavehnä, hiekkasara *Carex arenaria*, aronata, merinätkelmä y. m.; muutamilla näistä on myös syvälle tunkevat juuret. Tällaisilla kasveilla on luonnollisestikin parhaat edellytykset suoriutua voitokkaasti olemassaolon taistelusta dyynillä, jossa tuuli pyrkii peittämään kaiken kasvillisuuden hiekkaan. Rantakaura ja rantavehnä ovat jopa siinä määrässä mukautuneet dyynillä kasvaamaan, että ne ennen pitkää häviävät, jos hiekantulo lakkaa. Rantasinappi ja rantakaali voivat pitkällä juurillaan saada kosteutta rantahiekan syvemmistä kerroksista.

Puukasveilla on yleensä varsin huonot edellytykset tulla toimeen lentohiekalla. Meidän tavalliset metsäpuumme tosin säilyvät lentohiekkaan useita metrejä syvälle hautaannuttuaankin monet vuodet, jopa useita vuosikymmeniäkin elossa, mutta lopuksi ne kuitenkin varmasti sortuvat. Muutamat pajulajit sitävästoin voivat menestyä lentohiekalla kutakuinkin hyvinkin, olletikin jos hiekantulo ei ole varsin runsas. Niiden nopeasti kasvavat oksat ja vesat nim. työntyvät hiekkakinoksesta pian jälleen esille. Lentohietikoilla useasti esiintyviä pajulajeja ovat *Salix acutifolia (S. caspica)* ja *S. repens*. Edellinen on yleinen varsinkin Venäjällä, mutta Karjalan kannaksellakin sitä tavataan eräillä lentohietikoilla, jälkimmäinen laji on tavallinen Keski-Euroopan ja Skandinaavian lentohietikoilla.

Suomenlahden ulkosaarten lentohietiköt eivät kasvillisuuden ja kasviston suhteen poikkea siitä kuin edellä on kerrottu lentohietikoista yleensä. Ulkosaartenkin lentohietikköjen sekä kasvillisuus

että kasvisto ovat niin muodoin hyvin niukat. Kauvempaa katsoen näyttää lentohietikkö useastikin elottomalta hiekka-aavikolta ja paikotellen siinä todella tapaakin aivan kasvipeitteettömiä aloja ja siinäkin missä kasvillisuutta on, se tavallisesti on hyvin harvaa. Monesti on laajahkollakin laikulla vain yksi ainoa kasvilaji edustettuna.

Tavallisimmin esiintyviä kasvilajeja ulkosaarten lentohietikoilla ovat *Elymus arenarius*, *Festuca*-lajit (*F. sabulosa*, *F. rubra* f. *arenaria* ja *F. ovina*), *Triticum repens* v. *litorale*, *Hieracium umbellatum*, *Salsola kali*, *Ammadenia peploides* ja *Cakile maritima*. Näiden ohella ovat useasti tavattavia *Potentilla anserina*, *Senecio viscosus*, *Atriplex hastata* v. *salina*, *Rumex acetosella* sekä *Polygonum minus* ja *P. aviculare*, *Juncus*-lajit (*J. alpinus* ja *J. bufonius*), *Agrostis alba*, *Racomitrium canescens*, *Polytrichum* y. m. Harvinaisempia ovat *Carex arenaria* (Lavansaaren Hiekkakukkulan hietiköllä), *Lathyrus maritimus*, *Sagina nodosa*, *Matricaria inodora*, *Empetrum nigrum*, *Rosa glauca* (Tytärsaaren hietiköllä), y. m. Joskus tapaa ilmeisiä satunnaisuuksia, kuten rautanokkoson *Urtica urens* y. m. Puulajit ovat edellä lentohietiköiden erikoiskuvauksissa jo tulleet mainituiksi.

Useat Itämeren etelärannikon lentohietikköjen tavalliset kasvilajit ja eräät vielä Itämeren keskiosan saarien lentohietikoilla ja jopa Suomenlahden suupuolessakin tavattavat kasvilajit puuttuvat Suomenlahden ulkosaarten lentohietikoilta kokonaan. Muutamien puuttuminen aiheutunee ilmastollisista eroavaisuuksista, joidenkuiden rantakasvien ehkä meriveden vähäisemmästä suolapitoisuudesta, useiden nähtävästi vain siitä yksinkertaisesta syystä, ett'ei sattuma ole ohjannut niitä näille syrjäisille pienille saarille. Merkille pantava on etenkin rantakauran (*Psamma arenaria*) puuttuminen. Koska se kuitenkin jo harvinaisena esiintyy Suomenlahden suupuolessa, niin ei liene mahdotonta, että se vielä ilmaantuu itäisempiinkin osiin.

Suomenlahden ulkosaarten eri lentohietikköjen kasvillisuuden lajikokoomus on jossain määrin erilainen. Kasvillisuuden yleispiirteet kuitenkin ovat kutakuinkin samat.

Lentohietikköjen uloin ranta, jota myrskytuulten laineet tai nousuvesi huuhtelevat, on kokonaan vailla kasvipeitettä. Tämän paljaan hiekkavyöhykkeen leveys vaihtelee rannan kaltevuuden mukaan 5—25 m, onpa se joskus 40:kin m. Tämän vyöhykkeen yläpuolella on ensimmäinen kasvillisuusvyöhyke. Se käsittää 2—15 m leveän kaistaleen, johon meriveden vaikutus vielä ulottuu ja johon nousuveden aikana voi ajautua meren aaltojen kuljettamia kasveja (merihauraa y. m.) ja kaikenlaista vedenpinnalla pysyvää roskaa. Kasvipeite saattaa joskus olla sangen yhtäjaksoinen, välistä miltei nurmikkomainen, toisinaan kasveja tavataan vain pikkuryh-

mittäin tai ainoastaan yksittäin. Siinä ovat leimanantavia kasvilajeja *Salsola kali* (2—5)¹⁾, *Cakile maritima* (1—4), *Ammadenia peploides* (1—3), *Triticum repens v. litorale* (1—4, laikuttain jopa 5—6), *Elymus arenarius* (1—2, joskus 3—5), *Polygonum*-lajit (1—2, laikuttain jopa 4—5), *Senecio viscosus* (1—4) ja *Potentilla anserina* (1—3); harvemmin ja tavallisesti vain yksittäin tai hajallaan esiintyvät *Atriplex hastata v. salina*, *Lathyrus maritimus*, *Matricaria inodora* y. m. Toisinaan kasvipeitteen muodostaa vain 3—5 kasvilajia. Useasti myös vyöhyke on katkonainen tai muuten hyvin vaillinaisesti kehittynyt.

Tätä vyöhykettä seuraa laaja, laakea deflatioalue, joka paikoin on kokonaan kasvipeitteetön, paikoin tiheänlaisen (5), siroitetun (4—3) tai yksittäisen (2—1) *Festuca*n peittämä. Joskus esiintyy sen seurassa *Elymus arenarius* (1—3), harvemmin *Senecio viscosus* (4—5) tai *Rumex acetosella* (1—2). Paikoin kasvaa *Elymus arenarius* yksinään pikku ryhminä. Toisinaan (esim. Tytärsaaren lentohietiköllä) on irtonainen hiekka osalta deflatioaluetta kulkeutunut niin tarkkaan pois, että varsinkin aaltomaisissa painanteissa kova maanpinta on paljastunut. Tällaisilla paikoilla muodostavat kasvipeitteen *Festuca*-, *Juncus*- ja *Polygonum*-lajit (3—4), *Agrostis alba* (1—2), *Hieracium umbellatum* (2—3), *Sagina nodosa* (1—2). Laikuttain esiintyy *Racomitrium*ia ja *Polytrichum*ia sekä mättäinä *Empetrum nigrum*ia.

Kulkudyyнин laella kasvaa tavallisesti, milloin harvemmassa, milloin tiheämmässä, *Festuca*a (3—5, laikuttain jopa 6—7), *Elymusta* (2—3, laik. 4—6) ja *Hieracium umbellatum*ia (2—3, laik. 4—5); paikoin on hiekka aivan kasvipeitteetön. Puiden alla on hiekalla neulasia, käpyjä, oksia y. m. karikkeita. Kulkudyynin sisämaanpuoleinen rinne on, hautaantuneita puita lukuunottamatta, yleensä kasvipeitettä vailla; ainoastaan loivemmilla rinteillä tavataan samanlainen kasvipeite kuin dyynin laella. Tiheän metsän alla on hiekalla useimmiten vain puista varisseita karikkeita.

Hiekkaan hautaantuneiden puiden kasvu luonnollisestikin elintoiminnan vaikeutuessa ennen pitkää hidastuu. Paksuuskasvu kuitenkin on näkyvissä olevassa osassa runkoa useinkin isompi kuin voisi odottaa. Ei ole harvinaista, että 10—20 vuotta syvällä hiekassa kasvaneilla keski-ikäisillä tai hieman yli keski-ikäen olevilla puilla, joiden näkyvissä oleva latvapää on 6—9 m pitkä, vuosilustot ovat 1—2 mm leveitä, jos vain latvus on terve. Tämä oudolta tuntuva asianlaita lienee selitettävissä siten, että tällaisten kulkudyyneillä kasvavien puiden latvukset ovat tavallisesti etäällä toisistaan, joten niiden valonsaanti on runsas. Kuusi kuitenkin näyttää alkavan pikemmin kitua kuin mänty.

¹⁾ Numerot tarkoittavat NORRLININ asteikon runsausasteita.

Ulkosaarten lentohietikköjen sitomismahdollisuudet.

»Solange Wind und Wetter wechseln, wird der Mensch nie die Dünen völlig zum Stillstande zwingen. Aber indem er die in langen Zeiträumen waltenden Kräfte und deren Gesetze erkennt, vermag er weite Wüsten in segenbringende Gefilde zu wandeln.»

ALFRED JENTZSCH (GERHARDT: Handbuch des deutschen Dünenbaus).

Kysymys lentohietikköjen sitomismahdollisuuksista joutui niissä maissa, joissa lentohiekan tuhot olivat tuntuvimmat, jo parisen vuosisataa sitten vireille ja ennen pitkää ryhdyttiin miltei samanaikaisesti useissa maissa käytännöllisiin toimenpiteisiin lentohietikköjen sitomiseksi. Niin kauvan kuin sitomistyöt olivat kokeiluasteella eivät niiden tulokset olleet yksinomaan suotuisia, mutta sitä mukaa kuin tarpeellista kokemusta saavutettiin päästiin toiminnassa lujemmalle pohjalle. Nykyään kaikkialla, missä sitomistoimintaa on hellittämättömästi ja määrätietoisesti jatkettu, silmin havaittavissa ovat kauniit tulokset osoittavat, että saavutukset ovat tehtyjen suurten uhrausten arvoiset. Useimmissa maissa on sitomistoihin käyty käsiiksi valtiovallan aloitteesta ja valtio on myös joko yksinään huolehtinut niiden suorittamisesta tai ainakin tehokkaasti ottanut siihen osaa; niinkään on valtiolta erikoisella lainsäädännöllä pyrkinyt sitomistoimintaa edistämään.

Valtavimmasta aikaansaannoksesta tällä alalla voivat ylpeillä ranskalaiset. Lentohietikköjen nopea kasvaminen Biskayalahden rannikolla alkoi 18-vuosisadalla herättää suurta huolestumista, joka lopuksi johti siihen, että v. 1780 pantiin alulle toiminta niiden sitomiseksi. V. 1802 ryhdyttiin sitomista suorittamaan laajassa mittakaavassa ja v. 1810 annettiin edikti, joka oikeutti valtion huolehtimaan yksityisten ja kuntain omistamien lentohietikköjen sitomisesta, siinä tapauksessa että asianomaiset siitä kieltäytyivät tai eivät siihen pystyneet. Nykyään on tämä suurisuuntainen työ jo miltei loppuun saatettu: hietikköjen laajeneminen on saatu ehkäistykseksi, eikä siinä kyllin vaan lisäksi suurin osa ennen mitään tuottamattomia hietikköjä on metsittämällä saatu korvaamaan työhön uhrattuja varoja. Työn laajuudesta antaa hietikkömaiden ala, lähes 100 000 ha, aavistuksen.

Jo paljon aikaisemmin, v. 1724, oli ensimmäinen lentohietikön sitomistyö saatettu alulle Tanskassa, Pohjois-Själlannissa, mutta kysymyksessä olikin »for en Del Kongens egen Ejendom, det her gik ud over», kuten WARMING huomauttaa. Varsinaiseen vauhtiin pääsi toiminta tällä alalla kuitenkin vasta saman vuosisadan lopulla, niinpä v. 1790 asetettiin erikoinen virkamies huolehtimaan sitomistöiden yhtenäisestä johdosta koko valtakunnassa. V. 1857 annetulla lailla lentohietikköjen käsittelystä oikeutettiin hallitus tarpeen vaatiessa pakkoluovutuksella ottamaan haltuunsa lentohietikköjä niiden sitomista varten. Metsitettyjen lentohietikköjen tuottamat tulot oli käytettävä saman amtin vielä sitomatta olevien lentohietikköjen sitomiseen. Nykyään on jo laajat alat lentohietikköjä saatu sidotuksi ja metsitetyksi. — Myöskin Hollannissa, jossa lentohietikköjen metsittämiseen niinkään ryhdyttiin jo 18-vuosisadan alkupuoliskolla, on tällä alalla tehty paljon tuloksekasta työtä.

Saksan lentohietikköjen sitomistoiminta johtaa alkunsa 18-vuosisadan loppupuolelta, mutta laajempaan mittaan se kehittyi vasta viime vuosisadan jälkimmäisellä puoliskolla. Varsinkin Saksan Itämeren rannikon lentohietikköjen sitomiseen on uhrattu melkoisia varoja, mutta tulokset ovat myös olleet hyvät. Sitomistoiminta on ollut uskottuna metsänhoitoviranomaisille ja työväkenä on paikotellen, m. m. Helan niemimaalla, joka nyt kuuluu Puolalle, ajoittain käytetty rangaistusvankeja. Saksassakin on myös lainsäädännöllä pyritty edistämään sitomistoimintaa.

Unkarissa, jossa lentohietikköjä on suhteellisesti runsaammin kuin missään muussa Euroopan maassa, tapahtuivat ensimmäiset lentohietikköjen sitomisyrietykset 18. vuosisadan lopulla. Varsinainen suunnitelmanmukainen toiminta tällä alalla alkoi kuitenkin vasta viime vuosisadalla ja jatkuu lentohietikköjen sitomistyö pääasiassa valtion huolehtimana yhä nykyäänkin. Metsitetyksi on saatu useiden tuhansien hehtaarien alat lentohietikköjä.

Ruotsissa antoi hallitus jo 1600-luvulla määräyksiä toimenpiteistä maan eteläosassa olevien lentohietikköjen sitomiseksi. Näillä määräyksillä ei kuitenkaan liene ollut tarkoitettua vaikutusta, koska 18. vuosisadan puolivälissä katsottiin tarpeelliseksi käydä sitomistyöhön käsiksi valtion varoilla. V. 1846 velvoitettiin Hallannin läänin Kattegatin rannikolla sijaitsevien lentohietikkömaiden omistajat ryhtymään sitomistöihin hietiköillään ja määrättiin, että istutetut alueet oli suojeltava laiduntamiselta, kunnes taimistot olivat varttuneet niin suuriksi, ettei karja niitä enää voinut turmella. Myöskin metsänhakkuulle lentohiekka-alueilla asetettiin rajoituksia. V. 1860 valtio lunasti useita vaarallisimpia lentohietikköjä sekä vel-

voitti edelleen uusia istutuksia toimittamaan. Seuraavana vuonna määrättiin, että suorittamatta jääneet istutukset oli toimitettava valtion kustannuksella. Hietikkömaiden omistajien oli alueiden hoitamista varten palkattava vartijoita, jotka olivat valtion valvonnan alaisia. Myöskin Gottlannin ja Ölannin saarilla on valtion toimesta suoritettu lentohietikköjen sitomistöitä. Ruotsin v. 1902 annetussa suojametsälaissa on lentohietikköjä koskevia määräyksiä.

Norjassa on valtion metsähallinto 1880-luvulta saakka toimitanut lentohietikköjen sitomistöitä. V:n 1908 metsälaissa on määräyksiä lentohiekkamaiden metsistä.

Myöskin Latviassa, Virossa ja Venäjällä on toimitettu lentohietikköjen sitomistöitä.

Lentohietikköjen sitomistöistä saavutettu kokemus on kaikkialla osoittanut, että varmin keino lentohietikköjen pysyvästi sitomiseksi on niiden metsittäminen. Ani harvoin voidaan metsittämiseen kuitenkaan suoraa päätä ryhtyä vaan on hiekka ensin muulla tavoin, kernaemmin tarkoitukseen soveltuvilla heinälajeilla, alustavasti sirottava. Jo TITIUS, joka Danzigin luonnontieteelliselle seuralle v. 1768 laatimassaan palkintokirjasessa suositteli Danzigin läheisen lentohietikön sitomista havupuilla ja varsinkin valeakaasiaa istuttamalla, huomautti kysymyksessä olevassa julkaisussaan nimenomaan, että puiden täytyy »beim Aufgehen in dergleichen leicht zu versinkenden Boden eine Beschirmung erhalten, dass sie nicht vom Sande im ersten Wuchse überschüttet oder doch gehindert werden».

Lentohietikköjen sitominen tapahtuu tätä nykyä eri maissa suurin piirtein katsoen pääasiassa samaan tapaan, joskin pienempiä eroavaisuuksia menetelmissä on olemassa. Sitomistehtävä jakaantuu kahteen pääosaan: ensimmäinen käsittää lentohietikön hiekan kiinnittämisen ja aaltojen rannalle heittämän uuden hiekan lentämisen rajoittamisen, toinen täten lepotilaan saatetun hietikön metsittämisen.

Lentohietiköillä, joille jatkuvasti kertyy suuret määrät uutta hiekkaa, kuten vallankin avoimilla meren rannoilla useimmiten on asianlaita, on näyttäytynyt välttämättömäksi ensi työksi aikaansaada keinotekoinen esidyyni ellei sellaista rannan lähellä luonnostaan ole. Esidyynin tehtävänä on kerätä ja pysähdyttää hiekka, jota tuuli rannalta lennättää kulkudyyynille päin. Se rakennetaan niin kauvas vesirajasta, ettei korkeinkaan nousuvesi pääse sitä rikkomaan, mutta ei toisaalta tarpeettoman etäälle rannasta. Esidyyni rakennetaan rannan suuntaiseksi ja saadaan se syntymään siten, että keväällä tehdään sille etäisyydelle rannasta, johon esidyynin harja halutaan,

kaksi rannan suuntaista 60 à 70 sm korkuista punonta-aitaa, n. 2 m päähän toisistaan. Muutamien viikkojen kuluttua ovat aidat hautaantuneet hiekkaan, jolloin äskeisten aitojen päälle hiekalle pystytetään kaksi samanlaista aitaa. Nämäkin peittyvät vuorostaan kesän kuluessa hiekkaan ja syksyllä (tai varhain seuraavana keväänä) on täten syntynyt esidyyni valmis sidottavaksi. Tämä tapahtuu istuttamalla esidyynille soveliasta heinälajia, loivalle rannanpuoleiselle rinteelle n. 12 m ja jyrkemmälle sisämaanpuoleiselle rinteelle n. 6 m leveydeltä. Istutus toimitetaan ensiksi mainitulla puolella ruutuverkoston tapaan käyttäen n. 2 m rivietäisyyttä, jälkimmäisellä puolella vain rantaa vastaan kohtisuoriin riveihin. Heinät istutetaan pikku kimpuissa (3—4 kpl kussakin), jotka sijoitetaan istutusriveissä 30 à 50 sm, vaikeammissa tapauksissa jopa vain 20 tai 15 sm, etäisyydelle toisistaan, joko kuoppiin tai kiilalapiolla painetuihin loviin; lisäksi istutetaan rannanpuoleiselle rinteelle heinää jonkin verran myös ruutujen sisälle, tavallisesti esidyynin suuntaisiin riveihin. Tiheämpi istutus rannanpuoleisella rinteellä johtuu siitä, että tämän rinteiden tehtävänä on rannalta tulevan hiekan pidättäminen, jotavastoin hiekan vastakkaisella rinteellä tulee saada vapaasti vieriä alas. Parin seuraavan vuoden aikana esidyyni sille kertyneestä hiekasta hieman laajenee, varsinkin rannan puolella, sekä kasvaa korkeutta. Tällöin heinän istutusta jatketaan aloitettuun tapaan (mieluummin keväisin) kumpaisellakin rinteellä. Näin on esidyyni saatu valmiiksi ja se vastaa sitä paremmin tarkoitustaan, mitä leveämpi se on. Täten aikaansaatu esidyyniä on tarkoin vaalittava, t. s. on huolehdittava siitä, että jos istutukseen syntyy aukkoja, on tilalle istutettava uusia heinäkimppeja.

Esidyynin kiinnittämiseen on rantakaura osoittautunut parhaaksi heinälajiksi. Tavallisimmin on käytetty *Psamma arenariaa*, mutta myös *Ps. baltica* soveltuu tarkoitukseen. Rantavehnää (*Elymus arenarius*) myös on käytetty, mutta myöhempinä aikoina on siitä kaikkialla, missä rantakauraa on tarjolla, luovuttu tai käytetään sitä enää vain esidyynin sisämaanpuoleisella rinteellä. Ei myöskään enää käytetä kylvöä, kuten aikaisemmin, sillä istutus onnistuu varmemmin. Rantakauraa hankitaan istutuksiin tavallisesti repimällä sitä kimputtain maasta, siellä missä sitä luonnostaan kasvaa. Erikoisissa »taimitarhoissakin» sitä kuitenkin voidaan kasvattaa. Hehtaaria kohden mainitsee GERHARDT keskimäärin tarvittavan 20 000—40 000 kimppua.

Aikaisemmin käytettiin lentohiekan sitomiseen myös kaspialaista pajua (*Salix acutifolia* eli *caspica*), mutta sittemmin on siitä luovuttu, syystä että se kerää hiekan kummuiksi ja saattaa siten

koko esidyynin vaaranalaiseksi. Nykyään ei enää suosita mitään pajulajeja esidyyillä vaan pyritään ne päinvastoin poistamaan.

Esidyynin tultua sidotuksi ja saavutettua sellaisen laajuuden, ettei sen taakse enää mainittavammassa määrässä pääse kulkeutumaan hiekkaa, alkaa lentohietikön sitomisen toinen vaihe: sen metsittäminen. Ennen kuin siihen ryhdytään tasoitellaan — parhaiten jo rinnan esidyynin sitomisen kanssa — hietikön jyrkempiä törmii ja kumpareita. Tämä tapahtuu helpoimmin hyvin tuulisella säällä, jolloin tarvitsee vain viskata hiekka lapiolla ilmaan tuulen huolehtiessa sen pois kuljetuksesta. Voidaan myös menetellä siten, että kumpujen laelta revitään kasvipeite pois, jotavastoin notkopaikkoihin istutetaan rantakauraa tai rantavehnää. Tällöin tuuli irroittaa hiekan kumpujen laelta ja kuljettaa sen notkopaikkoihin, joihin kasvipeite sen lopullisesti pidättää. Metsittämiseen käytetään yleisimmin tavallista mäntyä; ainoastaan uhatuimmille paikoille istutetaan vuorimäntyä (*Pinus montana uncinata*), joka on tavallista mäntyä vaatimattomampi ja sitkeämpi sekä kehittyy pensasmaiseksi suojaten siten tehokkaammin maata. Istuttamalla vuorimäntyä ja tavallista mäntyä sekaisin on viimemainittu saatu menestymään paremmin kuin yksinään (vert. esim. HESSERLINK 1924). Tämän ilmiön syitä ei ole vielä täysin selvitetty, mutta arvellaan, että vuorimänty mykorrhizallaan käyttää hyväkseen ilman vapaata tyypeä ja tämä sitten toistaiseksi tuntemattomalla tavalla koituu männynkin hyväksi. Vuorimäntyä istutetaan joko 2-vuotisena, kouluttamattomana tai 3-vuotisena, koulutettuna ja kernaimmin täyte-maata (liejua, mutaa t. m.) apuna käyttäen. Taimet istutetaan verrattain tiheään, esim. 1×1 m etäisyyksille, ja usein peitetään väli-maat oksilla, kanervilla, turpeilla, merihauralla t. m. s. Tavallista mäntyä istutetaan kuten vuorimäntyä, mutta useimmiten jo 1-vuotisena. Sekä vuorimännyn että tavallisen männyn taimet pyritään taimitarhassa kasvattamaan voimakkaiksi ja pitkäjuurisiksi, jotta ne varmemmin tulisivat toimeen hietiköllä. Tätä varten muokataan kylvö- (tai koulutus-)sarat syvälti ja koetetaan ravintorikkain maa muokatessa saada pohjimmaiseksi.

Korkeilla avoimilla kummuilla ja jyrkillä rinteillä, joilla myrskytuulet saattavat ensimmäisinä vuosina, kasvipeitteen ollessa vielä vaillinaisesti kehittynyt, repiä istutukset tai haudata ne hiekkaan, suojataan männyn taimet matalilla toisiansa vastaan kohtisuorilla kalikka-aidoilla, joten taimet tulevat olemaan ruudun muotoisissa aitauksissa. Kalikat tehdään tavallisesti männyn oksista, jotka katkotaan puolen metrin pituisiksi, teräväksi toisesta päästään. Kalikat työnnetään hiekkaan n. 20 sm syvään ja noin 2—4 kertaa

vahvuutensa suuruiselle etäisyydelle toisistaan. Kalikkarivit sijoitetaan 2—4 m välimatkoille. Mitä uhkaavampi vaara on sitä lähemmäksi toisiaan asetetaan kalikat ja samoin myös kalikkarivit. Aitauksiin siroitetaan pikku oksia, kanervia t. m. hiekan katteeksi. Kalikkojen sijasta käytetään joskus katkottuja kaisloja, jotka kuitenkin eivät kestä yhtä kauvan.

Männyn ja vuorimännyn ohella on lentohietikköjen metsittämiseen käytetty muitakin puulajeja, joskin vähemmässä määrässä. Ranskassa on rannikkomänty (*Pinus pinaster* eli *P. maritima*) osoittautunut edulliseksi puulajiksi, mutta Belgian ja Hollannin rannikkojen ilmasto ei enää ole sille kyllin suotuisa, pohjoisemmista maista puhumattakaan. Itävallan mänty (*Pinus laricio austriaca*) on Sjäällannin Kattegatin puoleisella rannikolla näyttäytynyt kestävämmäksi kuin vuorimänty ja tavallinen mänty, Tanskan Pohjanmeren rannikolla se sitävastoin on menestynyt huonommin, samoin Itämeren etelärannikolla. Sekä Saksan että Tanskan Pohjanmeren dyyneillä on myös Sitkan kuusta (*Picea sitkaënsis*) ja Kanadan valkokuusta (*P. alba*) viljelty menestyksellisesti; viimeainittu on menestynyt Itämeren etelärannikollakin, varsinkin kosteilla paikoilla. Tavallinen kuusi ei ole osoittautunut soveliaaksi avoimille dyneille, mutta suojaisilla paikoilla sekä vanhempien aukkoisten mäntylviljelysten täytteeksi sitä on käytetty menestyksellisesti. Kosteissa painanteissa on tervaleppä menestynyt hyvin ja suojaisilla paikoilla koivukin.

Lentohietikköjen metsittämisen onnistuminen edellyttää, että metsänviljelyksiä huolellisesti hoidetaan ja suojellaan. Myrskytuulten aiheuttamat vauriot samoin kuin kuivuuden, tuhosienten t. -hyönteisten t. m. taimistoihin aikaansaamat aukot ovat viipymättä korjattavat. Yhtä välttämätöntä on ehkäistä laiduntaminen, sillä hietiköllä kuljeskellessaan karja helposti rikkoo hiekkaa sitovan kasvipeitteen, joten hiekka pääsee uudestaan liikkeelle. Kaikki muukin kulkeminen hietiköllä koetetaan supistaa mahdollisimman vähiin. Ainoastaan aivan välttämättömät tiet ja polut ovat sallitut. Poluille siroitetaan pieneksi hakattuja männyn havuja tai katetaan ne saven ja soran sekoituksella. Samaa kateainetta tai myös suomutaa käytetään ajoteillä, joiden reunat sitäpaitsi turvataan punontaidalla. Lentohietikölle kalliilla kustannuksilla aikaansaattua metsää hoidetaan ensi sijassa suojametsänä. Uloimmassa vyöhykkeessä ei yleensä toimiteta minkäänlaisia hakkauksia vaan koetetaan metsän säilyminen kaikin keinoin turvata. Vasta suojaisemmillä paikoilla voidaan toimittaa varovaisia harvennushakkauksia ja harsinnan tapaisia uudistushakkauksia. Suojatuimmilla paikoilla soveltuvat

useimmat tavalliset hakkaustavat, mutta niilläkin vältetään isoja hakkausaloja.

Suomenlahden ulkosaarten lentohietikköjen sitominen on epäilemättä melkoista helpompi tehtävä kuin Keski-Euroopan merenrantalentohietikköjen sitominen. Viimemainittuihin verrattuina ovat ulkosaartemme suurimmatkin lentohietiköt suhteellisen vähäisiä, jotapaitsi hiekantulo meikäläisillä lentohietikoilla on pienempi ja myrskytuuletkaan eivät saavuta sitä ankaruutta kuin isompien merien rannikoilla. Lämpö- ja kosteussuhteet eivät ulkosaarilla ole ainakaan mainittavasti epäedullisemmat kuin esim. Itämeren etelärannikolla. Kasvukausi tosin on hieman lyhyempi ja viileämpi, mutta lentohiekan sitomiseen käytettäville heinäkasveille sekä tavalliselle männylle ja vuorimännylle se on kyllin suotuista. Talvikaan ei ole niin paljoa ankarampi, että se tuottaisi vaikeuksia. Sademäärä on suunnilleen sama. Ulkosaarten lentohiekka lienee keskimäärin karkeampaa ja vähemmän tasajyväistä kuin Itämeren etelärannikon lentohietikköjen, mutta ero on varsin vähäinen. Ei myöskään hiekan kemiallisessa kokoomuksessa näytä olevan mainittavaa eroa. — Suurin piirtein katsoen soveltunevat ulkosaarten lentohietikoilla näin ollen käytettäväksi samat sitomismenetelmät, jotka Itämeren etelärannikolla ovat havaitut tarkoituksenmukaisiksi,¹⁾ voitaneepa vähäisemmän hiekantulon vuoksi tulla toimeen jonkinverran yksinkertaisemminkin menetelmillä ja siis päästä toivottuun tulokseen huomattavasti pienemmällä kustannuksella.

Ulkosaarten suurempien lentohietikköjen sitominen kysyy kuitenkin joka tapauksessa pitkäaikaista järjestelmällistä työtä ja siten myös melkoisia varoja. Edellä on käynyt selville, että ulkomailla on valtio yleensä ottanut huolehtiakseen lentohietikköjen sitomistyön teknillisestä suorittamisesta ja usein rahallisestakin avustamisesta. Vielä välttämättömämpää tämä on Suomenlahden ulkosaarilla, joiden ennen niin hyvinvoivan väestön toimeentulo maailmansodan valtiollisiin ja taloudellisiin oloihin aikaansaamien muutoksien johdosta on käynyt hyvin vaikeaksi. Viime aikoihin asti ovat ulkosaarelaiset saaneet elää syrjäisillä, karuilla saarillansa muun Suomen miltei täydelleen unohtamina; vasta äskettäin on näiden Suomen uloimpien eteläisten etuvartijoiden elämisen mahdollisuuksia ryhdytty kohottamaan, etenkin satamaoloja ja laivayhteyttä parantamalla. Näihin toimenpiteisiin on liitettävä myös valtion tehokas avunanto lentohietikköjen sitomiseksi, ennen kaikkea Seiskarissa, jossa apu todella on kipeään tarpeeseen.

¹⁾ Lähinnä juuri Itämeren etelärannikolla sovellettuihin menetelmiin kohdistuu edellä esitetty selostus lentohietikköjen sitomistyön kulusta.

Käytännöllisimmin lienee tämä avunanto toteutettavissa siten, että valtio lunastaa omakseen suurimmat, t. s. Seiskarin ja Tytärsaaren lentohietiköt, ja ottaa sitomistyön suorittamisen kokonaan huolekseen. Tämä tietysti edellyttää, että asianomaiset maanomistajat ovat suostuvaiset luovuttamaan lentohietiköt huokeasta hinnasta, kuten lieneekin asianlaita. Varsinaisten lentohietikköjen lisäksi olisi lunastettava kapea metsävyöhyke, jotta turvattaisiin aitaustarpeiden ja sitomistyössä tarvittavien havujen saanti. Sitomistyön teknillinen suorittaminen ja lentohietikköalueiden hallinto ja hoito voitaisiin parhaiten uskoa Metsätieteelliselle koelaitokselle, luovuttamalla nämä alueet koelaitoksen kokeilualueiksi, jollaisilla, kuten tunnettua, jo ennestäänkin on eri osissa maata. Täten saataisiin varmimmat takeet sitomistyön ammattitaitoisesta ja järjestelmällisestä suorittamisesta.

Lavansaaren pienet lentohietiköt eivät ole niin suurena uhkana ympäristöilleen kuin Seiskarin ja Tytärsaaren, mutta mikäli niiden omistajat ovat halukkaita käymään käsiksi sitomistyöhön olisi valtion annettava heille työn suorituksessa ammatillista apua ja muutakin tukea.

Ellei syystä tai toisesta saada ulkosaarten lentohietikköjen sitomiskysymystä vapaaehtoisuuden tietä tyydyttävällä tavalla ratkaistuiksi olisi ainakin ryhdyttävä sellaisiin toimenpiteisiin lentohiekan aikaansaaman tuhon rajoittamiseksi kuin suojametsistä 11 p:nä elokuuta 1922 annetun lain 5 §:ssä edellytetään, t. s. lentohietikoilla ja niiden reunoilla kasvavan metsän käyttö olisi saatettava erikoisten rajoittavien määräysten alaiseksi, jotta voitaisiin edes viivyttää tuhon leviämistä. Tällaisten määräysten lähempi määrittelemine ei kuitenkaan sisälly nyt kysymyksessä olevaan tutkimustehtävään, jonka tarkoituksena oli kuten edellä jo on mainittu, vain alustavan selvityksen hankkiminen ulkosaarten lentohietikoista ja niiden sitomismahdollisuuksista.

Kirjallisuusluettelo.

- ALBERT, 1925, Der waldbauliche Wert der Dünenande sowie der Sandböden im allgemeinen. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw., s. 129—139.
- AMILON, J. A., 1923, Skogsskötsel och dess förutsättningar. Stockholm.
- BANG, J. P. F., 1891, Om de nord- og vestjydske Klitters Beplantning. Tidsskr. for Skovbr., s. 1—118.
- BERGHELL, HUGO, 1896, Lavansaari. Kertomus karttalehteen n:o 29.
- BORGSTRÖM, L. H., 1919, Kvartssand i Finland. Geol. Kommiss. i Finland, Geotekn. Meddel. N:o 23.
- BRENNER, MAGNUS, 1871, Bidrag till kännedom af Finska vikens övegetation. Notiser ur Sällsk. pro Fauna et Flora Fennica Förhandl. 11 häftet, s. 1—38.
- BUCHENAU, FR., 1889, Über die Vegetationsverhältnisse des Helms (Psamma arenaria Röm. & Schult.) und der verwandten Dünengräser. Abh. d. Naturw. Ver. Bremen X.
- BUFFAULT, PIERRE, 1926, Aperçu d'ensemble sur la région Landaise. Sa transformation par la forêt. Revue des Eaux et Forêts, s. 273—280, 338—346.
- BÜHLER, ANTON, 1922, Der Waldbau nach wissenschaftlicher Forschung und praktischer Erfahrung. II Band. Stuttgart.
- CAJANDER, A. K., 1916 & 1917, Metsänhoidon perusteet. I—II. Porvoo.
- CHOLNOKY, EUG. VON, 1902, Die Bewegungsgesetze des Flugsandes. Földtany Kozlony XXXII, s. 106—143.
- COWLES, H. C., 1899, The ecological relations of the vegetation on the sand dunes of Lake Michigan. Botan. Gazette XXVII.
- EHRSTRÖM, FR., 1911, Från en vandring längs sanddynerna å Finska vikens strand vid gränsfloden Systerbäcks (Rajajoki) mynning. Finska Forstf. Medd. XXVIII, s. 391—398.
- ENGLER, A., 1902, Forstliche Reiseskizzen aus den Dünen und Landes der Gascogne. Schweizerische Zeitschr. für Forstw., s. 129—140, 157—164.
- GERHARDT, PAUL, ABROMEIT, JOHANNES, BOCK, PAUL, UND JENTZSCH, ALFRED, 1900, Handbuch des Deutschen Dünenbaues. Berlin.
- GIRARDIN, 1901, Les Dunes de France. Ann. Geogr.
- GRANDJEAN, C., 1897, Les Landes et les dunes de Gascogne. Paris.
- GRANIT, A. W., 1900, En mindre flygsandsbildning i Enare. Finska Forstf. Medd. XVII, s. 203—204.
- GRIEB, RICHARD, 1898, Das europäische Oedland, seine Bedeutung und Kultur. Giessen.
- HACKMAN, ALFRED, 1910, Ett fornynd på Tytärsaari i Finska Viken. Kaukomieli IV, s. 45—58.
- HESSelman, HENRIK, 1908, Om flygsandsfalten på Fårön och skyddsskogs-lagen av den 24 juli 1903. Medd. fr. Statens Skogsförsöksanstalt 5.

- HESSLERLINK, E., 1924, Invloed van bergden op grove den. Ref.: Der Einfluss von Pinus montana auf Pinus silvestris. Meded. van het Rijksbosch-bouwproefstation I: III, s. 38—46.
- HILDÉN, ILMARI, 1924, Om vegetationen på flygsandsfält. Ett litet bidrag från Estland. Forstl. Tidskr., s. 96—98.
- JENTSCH, 1907, Dünenbefestigung und Aufforstung im südwestlichen Frankreich. Forstwissensch. Centralbl., s. 10—31 ja 77—96.
- JOLYET, ANTOINE, 1916, Traité pratique de sylviculture. 2 éd. Paris.
- KOTILAINEN, MAUNO J., 1922, Havaintoja dyynikasvillisuudesta eräällä Laatokan hietarannalla. Luonnon Ystävä, s. 105—112.
- LAFOND, M. A., 1900, Fixation des dunes. Les paysages des dunes et les travaux de défense contre l'océan. Paris.
- LAITAKARI, ERKKI, 1923, Katsaus eri maiden metsälainsäädäntöön. Suomen Metsänhoitoyhdist. julk. Erikoistutkimuksia, 12.
- LAULAJAINEN, AMALIA, 1914, Lentohiekkasärkkämuodostuksista Laatokan rannikolla Venäjän rajan ja Käkisalmen välillä. Terra, s. 189—214.
- LEIVISKÄ, I., 1905, Über die Küstenbildungen des Bottnischen Meerbusens zwischen Tornio und Kokkola. Fennia 23: 1.
- , 1905, Über die Entstehung der Dünengebiete an der Küste des Bottnischen Meerbusens. Fennia 23: 2.
- , 1908, Über die Vegetation an der Küste des Bottnischen Meerbusens zwischen Tornio und Kokkola. Fennia 27: 1.
- , 1914, Oulujärvestä. Terra, s. 19—34.
- , 1925, Maanpinnan muodot ja niiden synty. Porvoo.
- MASSART, J., 1908, Essai de géographie botanique des districts littoraux et alluviaux de la Belgique. Bruxelles.
- MATTSSON, L., 1916, Några intryck från Ängelholms flygsandsfält. Skogen, s. 197—204.
- MONROY, I. A., 1921, Ein Beitrag zur Dünenaufforstung. Forstwissensch. Centralbl., s. 470—473.
- MÜLLER, P. E., 1903, Om Bjergfyrrens Forhold til Rødgranen i de jyske Hedekulturer. Tidsskr. for Skovbr., Suppl.
- RAMANN, E., 1895, Wald und Moor in den russischen Ostseeprovinzen. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw., s. 17—30.
- RAMSAY, W., 1892, Suursaari ja Tytärsaari. Kertomus karttalehteen n:o 19 & 20.
- REINKE, J., 1903, Die Entwicklungsgeschichte der Dünen an der Westküste von Schleswig. Sitzungsber. d. Pr. Akad. d. Wissensch.
- , 1911, Studien über die Dünen unserer Ostseeküste. Kiel.
- RESVOLL, THEKLA, 1906, Pflanzenbiologische Beobachtungen aus dem Flugsandgebiet bei Röros im inneren Norwegen. Nyt Magazin f. Naturvid., s. 235—302.
- ROSBERG, J. E., 1894—1895, Några dynbildningar på Bottniska vikens ostkust. Vetensk. Medd. af Geogr. Fören. i Finland, s. 78—94.
- , 1898, En landstigning på Tytärsaari. Geogr. Fören. Tidskr., s. 1—9.
- ROSBERG, J. E., y. m., 1923, Suomenmaa. V. Viipurin lääni. Helsinki.
- ROTH, JULIUS, 1916, Die Aufforstungen der Ungarischen Flugsandgebiete. Forstwissensch. Centralbl., s. 377—402, 464—487 ja 523—532.
- SAMUELSSON, CARL, 1926, Studien über die Wirkungen des Windes in den kalten und gemässigten Erdteilen. Bull. of the Geol. Instit. of Upsala. XX.

- SCHULTZ, 1911, Die Halbinsel Hela und die Aufforstung ihrer Dünen. Mitt. d. Deutschen Dendrol. Gesellsch., s. 82—92.
- SILVENNOINEN, ONNI, 1916, Seiskari sanoin ja kuvin. Helsinki.
- SOKOLÓW, N. A., 1894, Die Dünen, Bildung, Entwickelung und innerer Bau. Berlin.
- SOLGER, F., GRAEBNER, P. u. a., 1910, Dünenbuch. Werden und Wandern der Dünen, Pflanzen- und Tierleben auf den Dünen, Dünenbau. Stuttgart.
- SUOMALAINEN, E. W., 1906, Hietasärkkämuodostuksista Tvärminnen luona. Maantiet. Yhdist. Aikakauskirja XVIII, s. 181—192.
- THESLEFF, ARTUR, 1894—1895, Dynbildningar i Östra Finland. Vetensk. Medd. af Geogr. Fören. i Finland II, s. 36—75.
- THISMANN, BERNHARD, 1924, Hiiusaare rannikluidet, nende kinnitamine ja metsastamine. Tartu Ülikooli metsaosakonna toimetused Nr. 1.
- TITIUS, JOHANN DANIEL, 1768, Abhandlung über die von der naturforschenden Gesellschaft in Danzig aufgegebenen Frage: Welches die dienlichsten und am wenigsten kostbaren Mittel sind der überhandnehmenden Versandung in der Danziger Nährung vorzubeugen und dem weiteren Anwachs der Sanddünen abzuwenden. Leipzig. (GERHARDT'in mukaan.)
- WAHLGREN, A., 1922, Skogsskötsel. 2 uppl. Stockholm.
- VALMARI, J., 1921, Beiträge zur chemischen Bodenanalyse. Acta Forestalia Fennica 20.
- WARMING, EUG., 1906, 1907—1909 o. 1916—1919, Dansk Plantevæxt. I—III. Kjøbenhavn.
- WESSELY, I., 1873, Der europäische Flugsand und seine Kultur. Wien.

Painatuksen aikana on ilmestynyt:

- FONTELL, CARL VILH., 1926, Vegetationen som bindare av flygsanden på Norra Europas kuster. Terra, s. 171—187.

Die Dünen der Ausseninseln des Finnischen Meerbusens und ihre Bindungsmöglichkeiten.

(Referat.)

Einleitung.

Flugsanddünen kommen in Finnland sowohl an den Küsten als im Binnenlande vor. Auch im Binnenlande treten sie im allgemeinen an den Ufern von Gewässern (Binnenseen und Flüssen) auf; nur stellenweise sind sie auch unabhängig vom Wasser entstanden, wenn von Waldvegetation bedeckter Sandboden sich infolge von Waldbrand oder anderer Waldverwüstung entblöst und der Sand dadurch seine Bindung verloren hat. Die Dünen des Binnenlandes sind im allgemeinen unbedeutend und verhältnismässig harmlos. Die grössten und gefährlichsten Dünen sind in Finnland, wie meist auch anderswo in Europa, an den Meeresküsten anzutreffen. Am bemerkenswertesten sind die Dünen auf den Ausseninseln des Finnischen Meerbusens und an der Küste der Karelischen Landenge, aber auch am Strande der Landzunge Hankoniemi sowie bei Yyteri unweit Pori und besonders an der Küste des nördlichen Teils des Bottnischen Meerbusens gibt es ziemlich grosse Dünen.

Am bedrohlichsten für die Siedlungen ist die Flugsandgefahr auf der Insel Seiskari, wo der Flugsand ununterbrochen von den ohnehin geringen Wäldern und neuerdings auch schon von den Kulturländereien der Bewohner ein Stück nach dem anderen erobert und sie in unproduktive Sandfelder verwandelt. Die Inselbewohner haben, besorgt wegen des Vorrückens des Flugsandes, das sie selber nicht zu hemmen vermocht haben, über ihre bedrängte Lage an die Behörden berichtet, woraufhin in das Arbeitsprogramm der Forstwissenschaftlichen Versuchsanstalt für das Jahr 1925 eine Untersuchung der Dünen von Seiskari und zugleich auch der anderen Ausseninseln des Finnischen Meerbusens und ihrer Bindungsmöglichkeiten aufgenommen wurde. Mit der Ausführung dieser Ausgabe wurde von der Forstwissenschaftlichen Versuchsanstalt der Verfasser dieses Aufsatzes beauftragt.

Die einschlägigen Untersuchungen wurden im Juli 1925, zuerst auf Seiskari, dann auf Lavansaari und zuletzt auf Tytärsaari vorgenommen; auf Suursaari, der grössten der Ausseninseln, gibt es keine eigentlichen Dünen. Nach einem vorläufigen Überblick wurde jede einzelne Flugsandfläche gemessen und kartiert, woneben an den bedeutendsten Flugsandflächen die nötige Anzahl Nivelierungen zwecks Feststellung der Höhenverhältnisse ausgeführt wurden. Nach Fertigstellung der Karten wurde eine die Hauptzüge umfassende Beschreibung der Vegetation entworfen und wurden alle Beobachtungen notiert, die für die Ermittlung der Bindungsmöglichkeiten der Dünen von Bedeutung sein konnten. Schliesslich wurden noch die Zuwachsverhältnisse der auf den Dünen wachsenden Bäume untersucht sowie photographische Aufnahmen gemacht

und Sandproben gesammelt. Desgleichen wurden die Ortsbewohner nach ihren Beobachtungen über die Ausbreitung der Dünen und andere Umstände sowie nach Traditionen, die die Entstehung und die früheren Stadien der Dünen beleuchten könnten, ausgefragt. In demselben Sommer beauftragte die Forstdirektion den Verfasser, eine Untersuchung über die Abholzungen der letzten Zeit an der finnischen Küste der Karelischen Landenge vorzunehmen und, falls es sich als notwendig erwies, einen Vorschlag über die Bildung eines Schutzwaldgebietes an der fraglichen Küste auszuarbeiten. Bei dieser Untersuchung bot sich Gelegenheit und war es auch erforderlich, auch die zahlreichen Dünen an der Küste der Karelischen Landenge zu berücksichtigen. Wegen der beschränkten Zeit musste diese Untersuchung zwar in bedeutend engerem Rahmen ausgeführt werden als die vorher auf den Ausseninseln des Finnischen Meerbusens angestellten Forschungen, doch war der Verfasser in der Lage, nützliche vergleichende Beobachtungen zu machen.

Die allgemeinen Voraussetzungen für die Entstehung der Dünen auf den Ausseninseln des Finnischen Meerbusens.

Auf den Ausseninseln des Finnischen Meerbusens, Suursaari ausgenommen, sind die Naturverhältnisse der Entstehung von Dünen insofern günstig, als diese Inseln zum grossen Teil von Sandbänken gesäumt sind, von denen die Wellen unbegrenzte Mengen Sand an das Ufer werfen und der Wind sie weitertransportieren kann. Der Sand ist auch so lose und feinkörnig, dass ihn schon ein schwächerer Wind leicht in Bewegung zu setzen vermag (vgl. S. 46). In bezug auf die Windrichtung ist die Lage der Sandufer der Ausseninseln zwar im allgemeinen nicht die denkbar günstigste, aber andererseits auch keine ganz unvorteilhafte. Die vorherrschende Windrichtung ist auf diesen Inseln südwestlich und daneben westlich, so dass eine diesen Richtungen zugekehrte Küste mit Hinsicht auf den Wind für die Entstehung und Entwicklung von Dünen am günstigsten wäre. Von den Dünen der Ausseninseln liegt jedoch, wie man weiter unten sehen wird, nur eine einzige an einer Westküste, die übrigen an der Ost-, Süd- oder Nordküste. Die Süd- und Nordküste sind vom Gesichtspunkt der Windrichtung aus am ungünstigsten, aber die Ostküste ist, obwohl unvorteilhafter als die Westküste, doch insofern günstig, als auch von Osten jedenfalls recht oft kräftige Winde wehen, die den Sand in Bewegung setzen. Die Entstehung und Ausbreitung der Dünen wird ihrerseits auch durch die Landhebung befördert, wenn auch bei weitem nicht in dem Masse wie an der finnischen Küste des Bottnischen Meerbusens. Im östlichen Teil des Finnischen Meerbusens ist nämlich der Betrag der Landhebung 0.2—0.3 m in hundert Jahren, an der Küste des Bottnischen Meerbusens dagegen 0.6—0.9 m.

Das Dünengebiet von Seiskari.

Die Insel Seiskari liegt ca. 40 km von der finnischen Küste der Karelischen Landenge; bis zur russischen Küste von Ingermanland ist die kürzeste Entfernung fast um die Hälfte geringer. Die Insel ist von länglicher Form, 4 km lang und 1—1 ½ km breit und besitzt ein Areal von 4.3 km². Die Zahl der Bewohner

ist (i. J. 1923) 868, so dass auf den Quadratkilometer nicht weniger als 202 Menschen kommen. Seiskari ist denn auch die dichtest bevölkerte Landgemeinde Finnlands. Die Besiedlung ist in einem schmalen Gebiet im Zentrum des westlichen Teils der Insel zusammengedrängt.

Die ganze Insel ist recht flach, und zwar erhebt sich sogar der höchste Punkt nicht mehr als 12 m über den Meeresspiegel. Der westliche Teil besteht aus Moräne, der östliche aus Sand. Durch die Mitte zieht sich ein ziemlich deutlich ausgeprägter niedriger Sandrücken, wahrscheinlich eine vor langer Zeit mit Wald überzogene Düne. Im westlichen Teil finden sich um die Wohnungen kleine Stücke Kartoffelland und Wiese, woneben auch weiter weg unbedeutende Moore zu Wiesen gerodet sind. Das Übrige ist offen oder mit Wald bewachsen, das trockene Gelände mit Kiefern, das frische und feuchte hauptsächlich mit Fichten. Die Laubbäume sind ganz spärlich; die Entstehung neuer wird durchaus vom Vieh verhindert. Der östliche Teil besteht nach dem Strande zu aus offenem Flugsand, auf der entgegengesetzten Seite wächst Kiefer. Das Gesamtareal der Wälder ist im Vergleich zur Einwohnerzahl der Insel gering, weshalb der Wald sehr sparsam benutzt wird; die Zapfen und Äste werden sorgfältig gesammelt, ebenso das vom Meer angetriebene Holz. Die Insel ist von einer ausgedehnten Sandbank umgeben, und im Westen wird der Zugang zu der Insel durch zahlreiche Klippen erschwert.

Die Flugsandfläche umfasst die ganze Ostküste der Insel, woneben sie sich am Nordende ziemlich schmal eine kurze Strecke nach Nordwesten und im Süden südwestwärts bis zur Basis der Landzunge und dem Riff Lounat-rivi fortsetzt. Ihre grösste Länge beträgt 3.3 km und ihre grösste Breite 640 m. Am breitesten ist die Flugsandfläche von ihrer Mitte eine Strecke weit nach Süden, südlich von dem Weg, der von den Dünen an der unweit (ein paar Hundert Meter) von ihr gelegenen Volksschule vorbei zum Dorfe führt. Etwa von hier ab verschmälert sie sich sowohl nach Norden als nach Süden zu. Das ganze Areal der Flugsandfläche beträgt 131.9 ha, d. h. 31 % oder fast ein Drittel vom gesamten Areal der Insel. Die ganz waldlose Fläche umfasst 101.7 ha; der Rest, gleich 30.2 ha, ist mit lichtem Kiefernwald bestanden. Nur stellenweise, hauptsächlich an den landeinwärts gelegenen Rändern, wo die Bäume noch nicht tief begraben sind, ist der Wald vorläufig dichter.

Wie aus den am Schluss beigefügten Profilen zu ersehen ist, steigt das Dünen Gelände recht mässig geneigt vom Meere auf. In ihrer Mittelpartie ist sie verhältnismässig eben und stellenweise leicht gewellt; erst nach dem Kamm der Wanderdüne zu wird der Anstieg beträchtlicher. Der vordere Abhang der Wanderdüne ist wie gewöhnlich viel steiler; nur an den Stellen, wo weniger Sand angetrieben wird oder wo sich das Gelände steiler nach dem Innern der Insel erhebt, ist die Neigung des vorderen Abhangs sanfter. Der Kamm der Düne liegt 6—12 m über dem Meeresspiegel, aber der Niveauunterschied zwischen der vorgelagerten Bodenfläche und dem Dünenkamm beträgt nur 3—6 m. Der Kamm ist stellenweise ganz flach. Hier und da hat der Wind Öffnungen in die Düne genagt, so dass sie sich nicht ganz ununterbrochen und regelmässig fortsetzt. Am Nordende hat sich der Flugsand durch ein vom Winde geöffnetes »Tor« in einer ziemlich schmalen Zunge nach Westen ausgebreitet. Nördlich von der Öffnung hat sich ein kleiner Hügel namens Sysimäki erhalten, auf dem vor der Errichtung des Leuchtturms auf der Nordwestspitze der Insel (1858) in der dunklen Zeit als Wegweiser für die Seefahrer ein Holzkohlenfeuer gebrannt wurde. In der nordwestlichen und südwestlichen Ecke des Flugsandfeldes gibt es überhaupt keine eigentliche Wanderdüne.

Wann das Flugsandfeld entstanden ist, ist unbekannt, aber wahrscheinlich ist es wenigstens 200—300 Jahre alt. In der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts, als in Südeuropa die Pest wütete, wurde auf Veranstanden der russischen Regierung an der Ostküste von Seiskari eine Quarantäneanstalt für die nach Petersburg segelnden Schiffe erbaut. Das Bauholz wurde vermutlich aus dem nahegelegenen Wald geschlagen, wodurch ohne Zweifel die Ausbreitung des Flugsandes befördert wurde. Von den Steinsockeln dieser Gebäude sind noch Trümmer vorhanden, obwohl vom Sand bedeckt. Danach zu urteilen, ist eins der Gebäude (oder vielleicht eine zusammenhängende Gebäudereihe) etwa 80 m lang gewesen. Aus derselben Zeit stammt ein kleiner Friedhof am Nordende des Flugsandfeldes (auf der am Schluss beigefügten Karte mit drei Kreuzen bezeichnet). Der Wind hat während der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts den die Gräber bedeckenden Sand wegtransportiert, so dass eine Menge verblichene Knochen zum Vorschein gekommen sind.

Sowohl die älteren als auch die jüngeren Bewohner der Insel erzählen übereinstimmend, dass sich die Flugsandfläche zu ihren Lebzeiten merklich nach den inneren Teilen der Insel ausgebreitet hat, und zwar in den einen Jahren schneller, bis mehrere Meter, in den anderen langsamer. Die Geschwindigkeit des Vorrückens hängt vor allem davon ab, wie häufig in den einzelnen Jahren die kräftigen Ostwinde sind, die Sand vom Ufer nach den inneren Teilen der Insel transportieren. Heftiger Ostwind treibt den Sand mit solcher Gewalt vorwärts, dass man ihn beim Hinwandern auf der Düne im Gesicht spürt, und der Rand der Düne kann sich alsdann in einigen Tagen mehrere Dezimeter, ja bisweilen über einen Meter vorschieben.

Ein wenigstens in den Hauptzügen richtiges Bild von dem Vorrücken der Düne erhält man, wenn man die im Zusammenhang mit der Untersuchung aufgenommene Karte mit der i. J. 1844 gezeichneten Flurregelungskarte von Seiskari vergleicht. Der Vergleich lehrt, dass die Flugsandfläche während der vergangenen 81 Jahre fast überall nach den inneren Teilen der Insel zu angewachsen ist. Am bedeutendsten ist die Ausbreitung in einer ausgedehnten Zone in den mittleren Teilen der Düne gewesen, wo sich deren Rand um 50—150, durchschnittlich etwa 80—100 m, weiter nach Westen verschoben hat. Das mittlere jährliche Vorrücken hat in diesen Gegenden also etwa 1—1½ m betragen. Die grösste Breite der ganz offenen (waldlosen) Flugsandfläche war i. J. 1844 südlich von dem oben erwähnten, nach dem Dorfe führenden Wege 500 m, jetzt ist sie an derselben Stelle 600 m. Nur in den nördlichen Teilen der Ostküste, wo die Flugsandfläche am schmalsten ist, ist ihre Ausbreitung langsamer vor sich gegangen oder hat sie sogar gestockt. Da die Düne nach Westen zu in einer etwa 3—4 km breiten Front vorrückt, kann das Areal, das sie durchschnittlich im Jahre hinzuerobert, auf 3 000—4 000 m² geschätzt werden. Am Südende, zwischen den Landzungen Pienenhiekänenä und Lounatrivi, wo das Ufer sehr flach ist, hat sich die Flugsandfläche einige Dutzend Meter nach dem Meer zu ausgedehnt.

Bei ihrem Fortschreiten nach den inneren Teilen der Insel begräbt die Wanderdüne langsam, aber sicher alle Vegetation unter sich. Hätte ihr nicht überall Wald als Hindernis gegenübergestanden, so wäre das Vordringen gewiss viel schneller erfolgt. Die Bäume leben nämlich noch einige Jahrzehnte, nachdem sie sich mit Sand zu bedecken begonnen haben, und sogar lichter Wald verzögert das Vorrücken des Sandes beträchtlich. Dies wissen auch die Inselbewohner aus ihrer Erfahrung sehr wohl und hüten sich darum, Bäume auf der

Düne und an deren Rändern zu fällen. Erst wenn der Baum nach langem Hinkümmern im tiefen Sand schliesslich abstirbt und verdorrt, wird der Kronenteil, soweit man seiner habhaft werden kann, abgehauen, um in der Wirtschaft Verwendung zu finden. Südlich von dem zum Dorfe führenden Weg breitet sich der Sand zurzeit auf eine an die Düne grenzende Wiese aus. Man hat versucht, den antreibenden Sand durch einen dichten Zaun aufzuhalten, aber es ist ein Zaun nach dem anderen von dem Sande begraben worden. Das Unheil hat somit nur etwas verzögert, aber nicht abgewendet werden können.

An Initiativen zur Verfestigung der Düne hat es nicht ganz gefehlt. Der frühere Pfarrer EMIL HACKMAN von Seiskari machte sich i. J. 1913 (?), teils mit Unterstützung der Gemeinde Seiskari, teils des Staates, in Dänemark mit den Methoden zur Bindung der Dünen bekannt. Von seiner Reise brachte er Samen von *Psamma arenaria* (?) mit, die auf die Düne gesäet werden sollten. Indes zeigte es sich, dass die Bindung der Düne mehr Arbeit und grössere Kosten erforderte, als man hatte ahnen können, und das Unternehmen blieb in den Anfängen stecken.

Die Dünen von Lavansaari.

Lavansaari, das ca. 25 km westlich von Seiskari liegt, hat viel wechselndere Konturen als die letztere Insel. Es hat sich aus zwei Teilen gebildet: dem eigentlichen Lavansaari und dem östlich davon gelegenen kleineren Suisaari, die durch eine schmale Landenge vereinigt sind. Das Areal der ganzen Insel (ohne Gewässer) beträgt 13.4 km². Die Einwohnerzahl ist (i. J. 1923) 1 338, so dass auf den Quadratkilometer 100 Bewohner kommen. Die Bevölkerungsdichte ist also auch hier gross, aber doch nicht ganz halb so gross wie auf Seiskari. Die Siedlungen haben sich auf ein unbedeutendes Gebiet im nordwestlichen Teil der Insel, in drei Dörfer, konzentriert, die fast miteinander verschmolzen sind. Zu der Gemeinde Lavansaari gehört auch die 6 km nordöstlich von Suisaari gelegene unbewohnte Insel Peninsaari.

Wie Seiskari ist auch Lavansaari durchgehends sehr flach. Der höchste Punkt, der Hügel Puokinnmäki im Norden der Insel, dürfte 16 m über dem Meeresspiegel liegen; ungefähr ebenso hoch ist der am Westufer aufragende Hiekkakukkula. Die Insel besteht zum grössten Teil aus Moräne; hauptsächlich nur an den Ufern, und auch an diesen nicht überall, kommt Sand vor. Die Senkungen der inneren Teile sind versumpft. Im Süden findet sich ein kleiner See und neben demselben ein unbedeutender Tümpel. Der Felsuntergrund steht nirgends an. Kulturländereien haben die Leute von Lavansaari verhältnismässig mehr als die von Seiskari, aber der grösste Teil der Insel ist mit Wald bedeckt. Die trocknen Böden, die die Mehrzahl bilden, sind auch hier mit Kiefern, die frischen Böden und Brüche mit Fichten oder mit Fichten und Kiefern gemischt bestanden. Am Nordwestufer kommt auch etwas Birke vor. Die Wälder haben sich im allgemeinen ziemlich gut erhalten, obwohl die russischen Militärbehörden sie stellenweise übel behandelten, indem sie während des Weltkriegs Bäume für Festungswerke fällen liessen. Die Inselbewohner selbst benutzen ihre Wälder schonend, obgleich man kaum von einer eigentlichen Waldpflege sprechen kann.

Auf Lavansaari gibt es im ganzen vier Dünenbildungen: Hiekkataipale, Hiekkakukkula, die Düne der Landenge bei dem See Suurjärvi und die Düne von Pohjakylä. Dieselben sind alle verhältnismässig unbedeutend. Die ganz

kleine Düne von Pohjakylä, die am Ufer in dem Dorfe gleichen Namens liegt, ist nicht in die Untersuchung einbezogen worden, weil sie von der Bevölkerung im Zaum gehalten wird. Am Rand der Düne sind nämlich wie zum Trotz Häuser erbaut worden, und der Sand ist auf den Grundstücken entweder mit Gras überzogen oder in Ackerland verwandelt. — Kleine Dünen kommen auch auf der Insel Peninsaari vor.

Am grössten und auch sonst am bemerkenswertesten ist das Dünengebiet Hiekkataipale, welches die Landenge zwischen dem eigentlichen Lavansaari und Suisaari umfasst. Es ist etwa 1 km lang und in der Mitte etwa 200 m breit; gegen die Enden hin nimmt die Breite zu. An ihren beiden Enden teilt sich die Flugsandfläche in zwei den Ufern folgende Äste, zwischen denen höherliegendes Gelände bleibt. Das Areal der Flugsandfläche beträgt 35 ha, wovon 27 ha ganz unbewaldet sind und der Rest mit lichtem oder ziemlich lichtem Kiefernwald bedeckt ist. Die Buchten mit sandigem Boden zu beiden Seiten der Landenge sind weithin sehr flach, und auch die Landenge selbst erhebt sich in ihrem mittleren Teil nicht mehr als 4—5 m über den Meeresspiegel. Bei hohem Flutwasser, wie beispielsweise im Herbst 1924 während eines heftigen Sturmes, geriet denn auch ein grosser Teil der Landenge unter Wasser. (Vgl. die am Schluss beigefügte Karte.) Auf der Landenge, namentlich auf dem niedrigen Rücken ihrer Mittelpartie, ist der Sand im allgemeinen mit kleineren und grösseren (pflastersteingrossen) Steinen gemischt.

Die ältesten Ortsbewohner wissen zu berichten, dass die Flugsandfläche früher sowohl nach Westen als nach Osten hin merkbar kürzer war. An den Stellen, wo auf der Karte Baumstümpfe bezeichnet sind, wuchs vor über 50 Jahren Wald, aber nach unvorsichtigem Abtrieb zerriss der Wind die Bodendecke und transportierte den Sand in ein paar Meter Dicke weg. Dabei entblössten sich im westlichen Teil der Landenge auf dem Hügel Vanhankirkonmäki die Gräber des ehemaligen Friedhofs von Lavansaari, und noch heute stösst man am Ort auf verblichene Knochen, obgleich man sie von neuem mit Sand zu bedecken versucht hat. Auch beim Vergleich der im Zusammenhang mit der Untersuchung aufgenommenen Karte und der Flurregelungskarte von 1860 kann man konstatieren, dass sich die Flugsandfläche während des vorigen und dieses Jahrhunderts ausgedehnt hat. In ihrem mittleren Teil hat sich die Landenge im Lauf der verflossenen 65 Jahre einigermassen erweitert. Auch an den beiden Enden, besonders aber am Ostende gewinnt der Flugsand dem Walde unausgesetzt Terrain ab.

Die Düne Hiekkakukkula, die am Westufer der Insel im Winkel der Bucht Suurenhiedanlahti liegt, erstreckt sich 320 m vom Ufer weg. Ihre Breite ist ziemlich gleich ihrer Länge, an der schmalsten Stelle allerdings weniger, an der breitesten aber etwas mehr. Das Areal der Düne beträgt 9.5 ha, wovon 5.6 ha unbewaldet sind. Die vorgelagerte Bucht mit sandigem Boden ist sehr flach, am nördlichen und südlichen Rand mit Geröll bestreut.

Die Düne erhebt sich vom Ufer etwa 160—170 m mit sehr sanfter Böschung, dann aber wird die Steigung steiler. 280 m vom Ufer befindet sich die höchste Stelle der Wanderdüne, der Kamm des Hiekkakukkula, der 14.5 m über den Meeresspiegel hinausragt. Von dem Kamm senkt sich die Düne unter einem Winkel von etwa 20° bis zu dem fast daneben gelegenen, zum Dorfe führenden Wege, der 8 m unterhalb des Kammes der Düne und mithin 6.5 m über dem Meeresspiegel hinläuft. Auf der Wanderdüne wächst ein tief begrabener lichter, lückiger Kiefernbestand, an dem dem Wege zugekehrten Rand

auch Fichte. Seitwärts von ihrer Mittelpartie erhebt sich die Düne sanfter, nach dem Ufer zu sogar sehr wenig. Am nördlichen Rand der flachen Mittelpartie erscheinen zwei ziemlich dichte junge Kiefernhorste. Während des heftigen Sturmes im Herbst 1924 reichte das Flutwasser bis zu dem Westende des östlicheren Horstes.

Da in der vorgelagerten Bucht immer noch genug leichter Sand vorhanden ist, wird sich die Düne bei stärkeren Westwinden ohne Zweifel fortgesetzt nach Osten ausbreiten und über kurz oder lang auch den vorbeiführenden Weg unter sich begraben. Am nördlichen und südlichen Rand wird gegenwärtig verhältnismässig wenig Sand angetrieben, was daraus zu ersehen ist, dass der Boden hier an vielen Stellen mit einer Streuschicht bedeckt ist.

Die an der Südküste der Insel gelegene Düne der Landenge des Suurjärvi ist ungefähr 800 m lang, aber sogar an ihrer breitesten Stelle, in der Mitte, nur 140 m breit. Nach den Enden hin verschmälert sie sich, und am Ostende wird der Sand allmählich gröber. Das Areal der Düne beträgt nur 6 ha. Am Ufer ist der Sand mit kleinen Steinen gemischt.

Die Düne steigt sanft vom Ufer auf, und auch die Wanderdüne selbst ist nicht hoch: im Westen liegt ihr flacher Kamm etwa 6—8 m über dem Meeresspiegel, im Osten ist die Höhe nur die Hälfte davon. An manchen Stellen ist der Kamm uneben, höckerig. Auf der Wanderdüne wächst ein stellenweise ziemlich dichter, aber meist doch lichter, teilweise im Sand begrabener Kiefernbestand. Weiter nach dem Ufer zu ist die Düne nicht ganz kahl, sondern da wachsen zerstreut einzelne breitwipflige, ältere und jüngere Kiefern, deren Wurzelsätze mit Sand bedeckt sind. Unter ihnen findet man auf dem Sand zahlreiche Zapfen und Streu. Hier und da tritt eine kleine Wacholdergruppe auf, an der Sand angetrieben ist, so dass oft nur der Wipfelteil der Sträucher zu sehen ist. Nur das eigentliche Ufer ist in einer Breite von 40—50 m ganz baumlos.

Das Dünengebiet von Tytärsaari.

Tytärsaari liegt ca. 35 km westsüdwestlich von Lavansaari und annähernd 20 km südsüdöstlich von dem als Turistenziel in Aufnahme gekommenen Suursaari. Die Insel ist fast kreisrund und glattrandig, mit einem Durchmesser von 3 ½ km an der breitesten Stelle. Ihr Areal beträgt 7.2 km² und ihre Einwohnerzahl (i. J. 1923) 546. Auf den Quadratkilometer kommen also 76 Menschen. Die Siedlungen sind in dem am Süden der Insel gelegenen Dorfe konzentriert. Zu der Gemeinde gehört auch die 14 km westsüdwestlich von Tytärsaari liegende unbewohnte Insel Pien-Tytärsaari oder Säyvi.

Tytärsaari ist geologisch gewissermassen eine Zwischenform des felsigen Suursaari und des flachen Lavansaari. Sein westlicher Teil ist felsig (Quarzit und roter Granit), in der Mitte zieht sich von Norden nach Süden eine Moränenzone hin, an der ebenfalls verschiedentlich der nackte Felsgrund ansteht, und der östliche Teil ist von Düne bedeckt. Der höchste Punkt des Felsengebiets erhebt sich etwa 50 m über den Meeresspiegel. Hier und da, besonders in der östlichen Hälfte der Insel, treten Moore und Brüche auf, von denen mehrere der Bodenkultur gewonnen sind. Unbedeutende Kulturflächen finden sich auch in dem Dorf und seiner nächsten Umgebung. Besonders in dem Moränengebiet, aber meistens auch anderwärts wächst Wald, auf trockenem Gelände Kiefern, auf frischem und feuchtem daneben oder ausschliesslich Fichten. An den Ufern

und auf den Brüchen gedeihen stellenweise Schwarzerlen. Die Wälder sind im allgemeinen stark ausgehauen, und ihre Verjüngung wird durch das Vieh erschwert.

Das Dünengebiet liegt am östlichen Rand der Insel. Seine grösste Länge (ungefähr von Norden nach Süden) beträgt 1.5 km und seine grösste Breite 600 m. Am breitesten ist das Dünengelände etwa in der Mitte, von da verschmälert es sich sowohl nach Norden als nach Süden. Sein Areal beträgt einschliesslich der auf ihm anzutreffenden Gerölle 53.6 ha, wovon der grösste Teil, 44.6 ha, ganz baumloses Sandfeld oder Steinacker ist; auf dem übrigen Teil (9.0 ha) wachsen zerstreut einzelne Bäume oder kleine Baumgruppen oder lichter Wald. Fast überall sind die Bäume teilweise im Sand begraben. Die herrschende Baumart ist naturgemäss die Kiefer; nur an ein paar Stellen wachsen Fichten, ebenso einige Schwarzerlen. An den auf der beigefügten Karte als Geröll bezeichneten Flecken finden sich zerstreut grosse Steine, von denen die grössten 1—2 m im Durchmesser halten. Von dem Geröll auf der Landzunge Tuomäen nenä verläuft in der Richtung des Ufers bis zum Südende des Flugsandfeldes ein schmaler sandgemischter Grusgürtel. Das Meer vor dem Flugsandfelde ist verhältnismässig weithinaus flach und auf dem Boden sandig. Im nördlichen Teil des Gebietes, welcher Muonteri heisst, sowie auf der Landzunge Tuomäen nenä und südlich in der Nähe der Landzunge Nuottakari ist das Ufer und das vorgelagerte Gebiet mit Geröll bedeckt.

Wie aus den am Schluss beigefügten Profilen anschaulich hervorgeht, ist die Luvseite der Düne sehr eben, nur eine ganz sanfte Erhebung nach Westen zu ist zu bemerken. Die kleineren, wellenförmigen Unebenheiten der Oberfläche treten in den Profilen nicht hervor. Von der Mittelpartie nach der Wanderdüne nimmt die Steigung zu und erreicht ihren Abschluss auf dem Kamm der Wanderdüne. Der bemerkenswerteste Teil der letzteren, der Kaunismäki (»Schönberg«), bildet einen Rücken von der Form eines nach Westen gewölbten Bogens, dessen Kamm 15—19 m, an einer Stelle sogar 21 m über dem Meeresspiegel liegt. Der dem Meere zugekehrte Abhang des »Berges« ist unbewaldet, und auch auf dem Kamm wachsen nur zerstreut tief begrabene Kiefern oder auch einige kümmerliche Fichten, aber bei all seiner Sterilität ist er von düsterer Gewalt, und von seinem hohen Kamm bietet sich eine weite Aussicht über die offene Fläche des Finnischen Meerbusens. Nach der Angabe der Inselbewohner sank der Kaunismäki früher steiler zum Meere ab, aber der Wind hat ihn flacher abgetragen. In seinem mittleren und südlichen Teil zeigt der Kaunismäki auf der Leeseite eine sehr steile Neigung (stellenweise unter einem Winkel von 25—30°) nach dem vorgelagerten Gelände zu, welches 5—8 (10) m unterhalb des Dünenkammes liegt. Im nördlichen Teil, wo die Düne niedriger und das vorgelagerte Gelände höher über dem Meeresspiegel liegt, ist der vordere Abhang mässiger geböschet. Südlich von dem Kaunismäki befindet sich der kleinere, 15 m über den Meeresspiegel aufragende Dünenhügel Tuomäki. Von seinem dem Meere zugekehrten Kamm hat der Wind Sand nach beiden Seiten transportiert, so dass sich der Abhang recht steil ausgenagt hat. Auf dem Kamm dieses Hügelns wachsen zerstreut einzelne im Sand begrabene Kiefern. Südlich vom Tuomäki ist die Wanderdüne ganz niedrig, weil hier weniger Sand angetrieben wird. Auch der Wald ist da besser erhalten, obwohl er immerhin licht und lückig ist. In der Gegend des Kaunismäki wie des Tuomäki hat der Wind stellenweise Öffnungen in die Wanderdüne gerissen. Nördlich vom Tuomäki sind von der nach Westen vorgedrungenen Wanderdüne nur ein paar

einzelne Hügel übriggeblieben, auf denen einige tief im Sand begrabene Kiefern wachsen.

Die Düne dürfte bereits einige Hundert Jahre alt sein. Als Tradition wird erzählt, dass sie ihr Dasein einer unvorsichtigen Abholzung verdanke. Ja, es wird erwähnt, dass die ersten Wohnungen der Insel am östlichen Ufer gestanden hätten, dass der Flugsand aber die Bewohner gezwungen habe, an die Stelle des heutigen Dorfes überzusiedeln. Im Lauf der Zeiten ist die Wanderdüne immer weiter vom Ufer weg vorgerückt und hat allen Wald unter sich begraben. Mit dem weiteren Vordringen des Sandrücksens entblössen sich die von ihm begrabenen verwesenen Reste des Waldes. (Siehe die am Schluss beigegefügte Karte.) Vergleicht man die im Sommer 1925 aufgenommene Karte mit der Flurregelungskarte von 1848, so sieht man, dass sich die Düne im Lauf von 77 Jahren in ihrem mittleren und nördlichen Teile bedeutend ausgedehnt hat. Der dem Meere zugekehrte Rand des an ihrer Westgrenze gelegenen Moores Ollin suo befand sich um 1848 50 m vom Rand der Düne, heute liegt ihre Front schon etwa in der Mitte des Moores, 80 m seitwärts von dessen früherem Rand. Das im Norden liegende Bruchmoor Ryytsantin suo erstreckte sich i. J. 1848 bis an den Rand der Düne, jetzt ist es schon in einer Breite von 80 m begraben. Der nördliche Teil der Düne hat sich seit 1848 um 80—100 m landeinwärts vorgeschoben, also durchschnittlich um $1-1\frac{1}{3}$ m im Jahre, der mittlere Teil um 100—160 m, also durchschnittlich um $1\frac{1}{3}-2$ m im Jahre. Das Vordringen des südlichen Teils ist unregelmässiger vor sich gegangen, teils 60—80 m, teils ganz stockend. Das Areal der ganzen Flugsandfläche hat sich während des fraglichen Zeitraums um etwa 10.5 ha oder ca. 24 % vermehrt. Vergleicht man die jetzt aufgenommene Karte mit einer i. J. 1909 gezeichneten Parzellierungskarte, so findet man, dass sich die Flugsandfläche auch während dieser kurzen Zeit deutlich ausgedehnt hat. Nach den Inselbewohnern ist die Wanderdüne in manchen Jahren sogar einige Meter vorwärtsgedrungen.

I. J. 1896 wurde auf der Düne (ungefähr an der Stelle, wo auf der Karte die Linie IV das durch Kreuze markierte Gebiet schneidet) eine prachtvolle skandinavische vergoldete Silberspange gefunden, die aus dem 6. Jahrhundert nach Chr. stammt. Etwas nördlich von dem Fundplatz (in der Nähe einer kleinen Blockansammlung) wurden bei Ausgrabungen i. J. 1909 Tongefässcherben und verbrannte Knochen gefunden. Beim Graben wurden im Sand auch dünne Kohlschichten angetroffen. Im Sommer 1926 wurde auf der Düne wieder ein archäologischer Fund gemacht; der Gegenstand war diesmal eine bronzene Verzierung eines Schwertgehens, die etwa aus 600 nach Chr. stammt.

Der Sand der Dünen auf den Ausseninseln.

Der Sand der Dünen auf den Ausseninseln des Finnischen Meerbusens ist etwas gröber als der der meisten grossen Dünen in Mitteleuropa und Skandinavien.

In den vom Verfasser entnommenen Flugsandproben war die Korngrösse etwa die folgende:

Düne	2—1	Durchmesser der Sandkörner in mm		
		1—0.5	0.5—0.25	unter 0.25
		% in der Probe		
Seiskari, Strand	0.06	4.63	94.31	1.00
» Wanderdüne	0.08	9.74	89.87	0.31
Lavansaari, Hiekkakukkula,				
Wanderdüne	0.21	24.07	75.13	0.59
Tytärsaari, Wanderdüne	0.01	10.21	89.07	0.71
Muurila (an der Küste der Kare-				
lischen Landenge)	0.33	36.95	61.99	0.73

Wie meist bei dem Flugsand überhaupt, bildet auch bei dem der Ausseninseln des Finnischen Meerbusens Quarz das Hauptmineral; jedoch ist auch Feldspat ziemlich reichlich beigemischt, Eisenerz oder andere Minerale dagegen sind wenig vorhanden.

Die chemische Zusammensetzung des Flugsandes der Ausseninseln wird durch folgende in der Landwirtschaftlichen Versuchsanstalt gefundenen Analysenresultate beleuchtet:¹⁾

Düne	Trockensubstanz %	Glühverlust %	Volumgewicht	N % ₁₀₀	1 l enthält Elek- trolyte mg	p _H	10 fache Menge 0.2 n Salzsäure löste nach 4 stünd. Schüt- teln in % ₁₀₀		
							P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
Seiskari, Strand	99.96	0.19	1.48	0.140	356	6.27	0.176	0.110	0.490
» , Wanderdüne	99.94	0.08	1.42	0.105	28	6.14	0.153	0.090	0.456
Lavansaari, Hiekkakukkula,									
Wanderdüne	99.96	0.14	1.47	0.105	76	6.18	0.261	0.106	0.580
Tytärsaari, Wanderdüne	99.97	0.39	1.46	0.091	76	6.37	0.302	0.114	0.652
Muurila, Wanderdüne	99.94	0.16	1.49	0.098	112	6.32	0.276	0.098	0.580

Der Stickstoffgehalt des Sandes ist also, wie natürlich, äusserst gering. P₂O₅, K₂O und CaO dagegen kommen in nicht so unbedeutenden Mengen vor.

Die Vegetation und Flora der Dünen der Ausseninseln.

Die Dünen bieten bekanntlich den Pflanzen sehr dürftige Daseinsbedingungen, weshalb ihre Vegetation sowohl als ihre Flora fast überall sehr ärmlich sind. Die Dünen der Ausseninseln des Finnischen Meerbusens machen in dieser Beziehung keine Ausnahme. Aus der Ferne betrachtet sieht die Düne öfters wie eine leblose Sandwüste aus, und stellenweise findet man daselbst auch wirklich Partien ohne jegliche Pflanzendecke, und auch wo Vegetation vorhanden ist, ist sie in der Regel sehr spärlich. Häufig ist auch auf einem umfangreicheren Flecken nur eine einzige Pflanzenart vertreten.

Zu den am gewöhnlichsten vorkommenden Pflanzenarten der Dünen der Ausseninseln gehören *Elymus arenarius*, die *Festuca*-Arten (*F. sabulosa*,

¹⁾ Das Verfahren bei der Analyse geht aus der Abhandlung VALMARI's (1921) hervor.

F. rubra f. *arenaria* und *F. ovina*), *Triticum repens* v. *litorale*, *Hieracium umbellatum*, *Salsola kali*, *Ammadenia peploides* und *Cakile maritima*. Neben diesen findet man oft *Potentilla anserina*, *Senecio viscosus*, *Atriplex hastata* v. *salina*, *Rumex acetosella* sowie *Polygonum minus* und *P. aviculare*, die *Juncus*-Arten (*J. alpinus* und *J. bufonius*), *Agrostis alba*, *Racomitrium canescens*, *Polytrichum* u. a. Seltener sind *Carex arenaria* (auf der Düne Hiekkakukkula von Lavansaari), *Lathyrus maritimus*, *Sagina nodosa*, *Matricaria inodora*, *Empetrum nigrum*, *Rosa glauca* (auf der Düne von Tytärsaari) u. a. Die Baumarten sind schon oben in den Spezialbeschreibungen der Dünen erwähnt worden.

Mehrere gewöhnliche Pflanzenarten der Dünen an der Südküste der Ostsee und gewisse noch auf den Dünen der Inseln in der Mitte der Ostsee und sogar am Eingang des Finnischen Meerbusens vorkommende Arten fehlen auf den Dünen der Ausseninseln dieses Meerbusens vollständig. Das Fehlen einiger dürfte von klimatischen Verschiedenheiten, das mancher Strandpflanzen vielleicht von dem geringeren Salzgehalt des Seewassers herrühren, bei mehreren erklärt es sich wahrscheinlich aus der einfachen Ursache, dass der Zufall sie nicht zu diesen abgelegenen kleinen Inseln geführt hat. Bemerkenswert ist besonders das Fehlen des Strandhafers (*Psamma arenaria*). Da dieser jedoch schon am Eingang des Finnischen Meerbusens selten vorkommt, dürfte es nicht ausgeschlossen sein, dass er auch noch in den östlicheren Teilen auftreten wird.

Die Artzusammensetzung der Vegetation der verschiedenen Dünen auf den Ausseninseln des Finnischen Meerbusens ist einigermaßen wechselnd. Die allgemeinen Züge der Vegetation sind jedoch ziemlich dieselben.

Der äusserste Strand der Dünen, den die Wellen der Stürme oder das Flutwasser bespülen, ist ganz ohne Pflanzendecke. Die Breite dieses nackten Sandgürtels variiert je nach der Neigung des Strandes zwischen 5—25 m, bisweilen beträgt sie sogar 40 m. Oberhalb dieses Gürtels liegt die erste Vegetationszone. Sie umfasst einen 2—15 m breiten Streifen, auf den sich die Einwirkung des Seewassers noch erstreckt und an den während der Flut von den Wellen des Meeres herbeitransportierte Pflanzen (Blasentang u. a.) und allerlei auf der Wasseroberfläche schwimmender Schutt angetrieben werden kann. Die Pflanzendecke kann mitunter recht zusammenhängend, manchmal fast mattenartig sein, bisweilen findet man Pflanzen nur in kleinen Gruppen oder bloss einzeln. Dabei sind charakteristische Arten¹⁾ *Salsola kali* (2—5), *Cakile maritima* (1—4), *Ammadenia peploides* (1—3), *Triticum repens* v. *litorale* (1—4, fleckenweise sogar 5—6), *Elymus arenarius* (1—2, mitunter 3—5), die

¹⁾ Die Reichlichkeitsskala ist die in Finnland allgemein angewandte Norrlin'sche Skala:

Deckend:		
10.	Beimischung	1—4
9.	»	4—6
8.	»	6—7 $\frac{1}{2}$
Reichlich:		
7.	Zwischenraum	1—6 Zoll ($2\frac{1}{2}$ —15 cm)
6.	»	$\frac{1}{2}$ —1 $\frac{1}{2}$ Fuss (15—50 »)
5.	»	1 $\frac{1}{2}$ —3 » ($\frac{1}{2}$ —1 m)
Zerstreut:		
4.	Zwischenraum	3—6 Fuss (1—2 m)
3.	»	6—15 » (2—5 »)
Spärlich:		
2.	Zwischenraum	15—30 Fuss (5—10 m)
1.	»	über 30 » (über 10 m)
Vereinzelt.		

Polygonum-Arten (1—2, fleckenweise sogar 4—5), *Senecio viscosus* (1—4) und *Potentilla anserina* (1—3); seltener und gewöhnlich nur vereinzelt oder sehr spärlich kommen vor *Atriplex hastata* v. *salina*, *Lathyrus maritimus*, *Matricaria inodora* u. a. Bisweilen wird die Pflanzendecke nur von 3—5 Arten gebildet. Oft ist die Zone auch unzusammenhängend oder sonst sehr mangelhaft entwickelt.

Auf diese Zone folgt ein ausgedehntes, flaches Deflationsgebiet, das an den einen Stellen ganz der Pflanzendecke entbehrt und an anderen von ziemlich reichlicher (5), zerstreuter (4—3) oder spärlicher (2—1) *Festuca* bedeckt ist. Bisweilen tritt in ihrer Gesellschaft *Elymus arenarius* (1—3), seltener *Senecio viscosus* (4—5) oder *Rumex acetosella* (1—2) auf. Manchmal (z. B. auf der Düne von Tytärsaari) ist der lose Sand von einem Teil des Deflationsgebiets in dem Grade wegtransportiert, dass namentlich in den wellenförmigen Eindrücken die feste Erdoberfläche entblösst ist. An solchen Stellen wird die Pflanzendecke gebildet von den *Festuca*-, *Juncus*- und *Polygonum*-Arten (3—4), *Agrostis alba* (1—2), *Hieracium umbellatum* (2—3), *Sagina nodosa* (1—2). Fleckenweise kommen *Racomitrium* und *Polytrichum* und bültbildend *Empetrum nigrum* vor.

Auf dem Kamm der Wanderdüne wachsen gewöhnlich, bald lichter, bald dichter, *Festuca* (3—5, fleckenweise sogar 6—7), *Elymus* (2—3, fleckenw. 4—6) und *Hieracium umbellatum* (2—3, fleckenw. 4—5); stellenweise ist der Sand ganz ohne Pflanzendecke. Unter den Bäumen finden sich auf dem Sand Nadeln, Zapfen, Zweige und andere Abfälle. Der landeinwärts gerichtete Abhang der Wanderdüne lässt, von begrabenen Bäumen abgesehen, im allgemeinen eine Pflanzendecke vermissen; nur auf sanfter geneigten Abhängen begegnet man einer ähnlichen Pflanzendecke wie auf dem Scheitel der Düne. Unter dichtem Wald ist auf dem Sande meistens nur Streu von den Bäumen anzutreffen.

Das Wachstum der im Sand begrabenen Bäume verlangsamt sich natürlicherweise infolge der Erschwerung der Lebenstätigkeit alsbald. Das Dickenwachstum ist jedoch an dem sichtbaren Teil des Stammes häufig grösser, als man erwarten möchte. Nicht selten sind an 10—20 Jahre tief im Sand gewachsenen Bäumen mittleren Alters oder etwas über mittleren Alters, deren sichtbarer Kronenteil 6—9 m lang ist, die Jahresringe 1—2 mm breit, wenn nur die Krone gesund ist. Dieses befremdende Verhalten dürfte so zu erklären sein, dass die Kronen solcher auf einer Wanderdüne wachsenden Bäume gewöhnlich weit voneinander abstehen, infolgedessen ihr Lichtgenuss reichlich ist. Indessen scheint es, als ob die Fichte früher zu verkümmern beginne als die Kiefer.

Die Bindungsmöglichkeiten der Dünen der Ausseninseln.¹

Die Bindung der Dünen auf den Ausseninseln des Finnischen Meerbusens ist ohne Zweifel eine erheblich leichtere Aufgabe als die Bindung der Meeresküstendünen Mitteleuropas. Mit den letzteren verglichen sind die Dünen unserer Ausseninseln von geringeren Dimensionen, woneben der Sandantrieb auf unseren Dünen geringer ist und auch die Sturmwinde nicht die Stärke erreichen wie an den Küsten grösserer Meere. Die Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse sind auf unseren Ausseninseln nicht viel ungünstiger als z. B. an der Südküste der Ostsee. Die Vegetationsperiode ist zwar ein wenig kürzer und kühler, aber für die zur Bindung des Flugsandes geeigneten Gras-

pflanzen sowie für die gemeine Kiefer und die Bergkiefer ist sie hinreichend günstig. Auch der Winter ist nicht soviel strenger, dass er Schwierigkeiten bereite. Die Niederschlagsmenge ist ungefähr die gleiche. Der Flugsand der Ausseninseln ist, wie oben erwähnt, durchschnittlich gröber als bei den Dünen an der Südküste der Ostsee, aber die Differenz ist ziemlich gering. Auch in der chemischen Zusammensetzung des Sandes scheint kein erwähnenswerter Unterschied zu bestehen. — Im grossen ganzen dürften mithin bei den Dünen unserer Ausseninseln dieselben Bindungsmethoden anwendbar sein, die an der Südküste der Ostsee als zweckmässig erkannt worden sind,¹⁾ ja man dürfte wegen des geringeren Sandantriebs sogar mit einigermaßen einfacheren Verfahren auskommen und das erwünschte Ziel also mit weniger Kosten erreichen können.

Die Bindung der grösseren Dünen der Ausseninseln erfordert jedenfalls langwierige systematische Arbeit und infolgedessen auch beträchtliche Geldmittel. Oben hat sich gezeigt, dass im Ausland im allgemeinen der Staat die Sorge für die technische Ausführung der Bindung der Dünen und oft auch für die finanzielle Unterstützung übernommen hat. Noch notwendiger ist dies auf den Ausseninseln des Finnischen Meerbusens, wo sich das Auskommen der früher so wohlhabenden Bevölkerung infolge der durch den Weltkrieg hervorgerufenen Wandlungen in den politischen und wirtschaftlichen Verhältnissen sehr schwierig gestaltet hat. Bis in letzte Zeit sind die Bewohner der Ausseninseln auf ihren entlegenen kargen Eilanden fast ganz von dem übrigen Finnland vergessen gewesen; erst unlängst hat man Schritte getan, um die Daseinsmöglichkeiten dieser äussersten südlichen Vorhut Finnlands besonders durch Verbesserung der Hafenverhältnisse und Schiffahrtsverbindungen zu heben. Zu diesen Massnahmen ist auch eine effektive Beihilfe seitens des Staates für die Bindung der Dünen hinzuzufügen, dies vor allem auf Seiskari, wo Hilfe wirklich dringend nötig ist.

Am praktischsten ist diese Hilfe nach der Ansicht des Verfassers derart durchzuführen, dass der Staat die grössten Dünen, d. h. die von Seiskari und Tytärsaari, erwirbt und die Ausführung der Bindungsarbeiten in ihrem ganzen Umfang übernimmt. Dies setzt natürlich voraus, dass sich die betreffenden Bodeneigentümer dazu verstehen, die Dünen für billigen Preis abzutreten, wie es auch der Fall sein dürfte. Ausser den eigentlichen Dünen wäre ein schmaler Waldgürtel einzulösen, damit die Beschaffung von Einzäunungsmaterial und der für die Bindung erforderlichen Nadelzweige garantiert würde. Die technische Ausführung der Bindung und die Verwaltung und Instandhaltung der Dünengebiete könnte am besten der Forstwissenschaftlichen Versuchsanstalt anvertraut werden, indem diese Gebiete der Anstalt als Versuchsreviere überlassen würden, deren sie bekanntlich schon von früherer in verschiedenen Teilen des Landes zur Verfügung hat. Auf diese Weise erhielte man die sicherste Gewähr für fachmännische und planmässige Ausführung der Bindung.

Die kleinen Dünen von Lavansaari stellen keine so grosse Gefahr für ihre Umgebung wie die von Seiskari und Tytärsaari dar, aber falls ihre Eigentümer bereit sind, die Bindung zu übernehmen, hätte ihnen der Staat bei der Ausführung der Arbeit fachmännische Unterstützung und auch anderweitige Hilfe zu leisten.

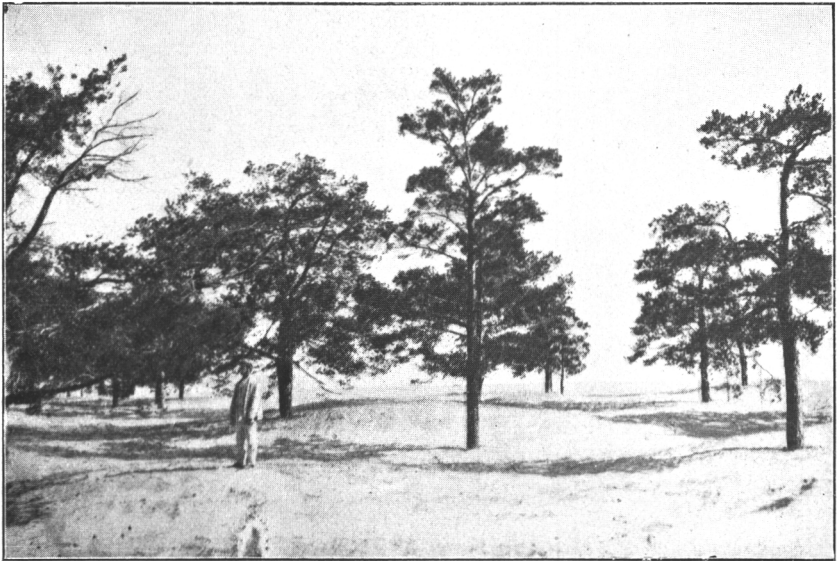
¹⁾ Im finnischen Text ist über diese Methoden in ihren wichtigsten Punkten berichtet.

Sollte es aus einer oder der anderen Ursache nicht möglich sein, die Bindungsfrage der Dünen der Ausseninseln im Wege der Freiwilligkeit befriedigend zu lösen, so sollten für die Beschränkung der durch den Flugsand angerichteten Schäden wenigstens solche Massnahmen ergriffen werden, wie sie der § 5 des am 11. August 1922 erlassenen Gesetzes betreffend die Schutzwälder vorsieht, d. h. die Benutzung des auf den Dünen und an ihren Rändern wachsenden Waldes sollte besonderen Restriktionen unterworfen werden, um die Ausbreitung der Schäden wenigstens verzögern zu können. Die nähere Feststellung derartiger Bestimmungen liegt jedoch nicht im Bereich dieser Untersuchungsaufgabe.

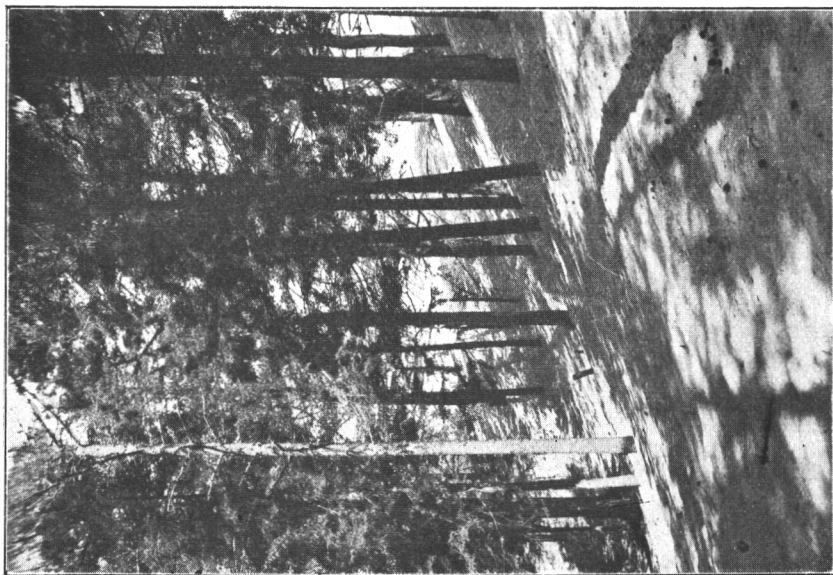
LIITTEITÄ — *BEILAGEN*



Kuva 1. Seiskarin lentohietikköä etelästä pohjoiseen katsottuna.
Fig. 1. Die Flugsandküste von Seiskari von Süden her.

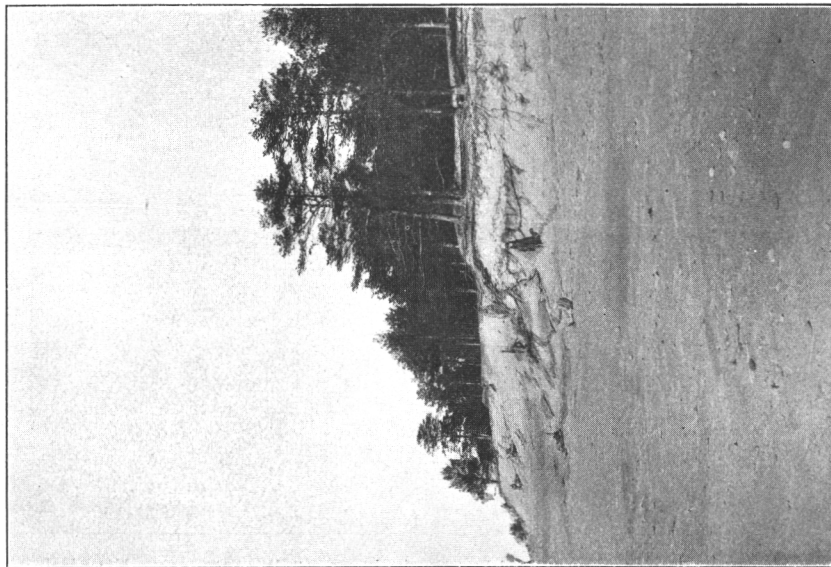


Kuva 2. Lentohiekan 5–6 m syvälti hautaamia mäntyjä Seiskarin
 lentohietiköllä.
*Fig. 2. Von der Wanderdüne bis in 5–6 m Tiefe versandete Kiefern. —
 Seiskari.*



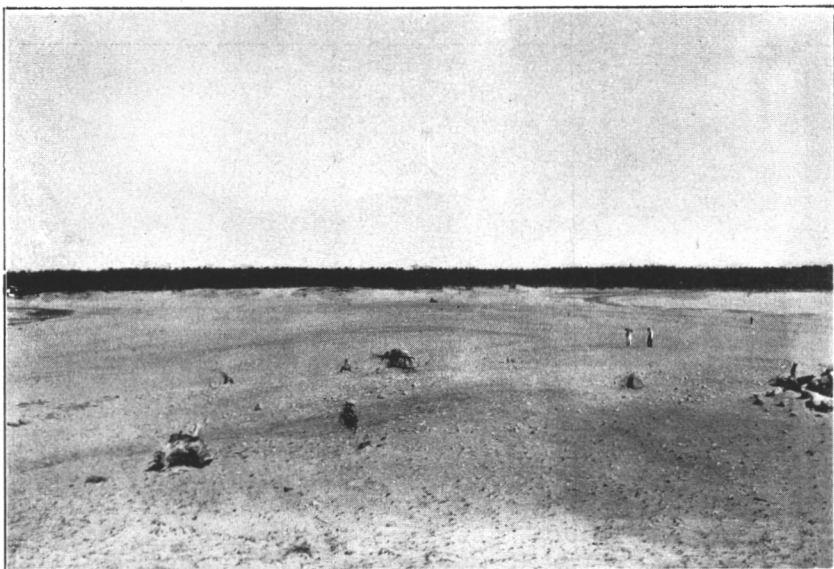
Kuva 3. Metsään tunkeutuva kulkudyyni. —
Seiskarin lentohietikkö (kansakoululle hietiköltä
vievän tien läh.).

Fig. 3. Leeseite der Wanderdüne. — Seiskari.



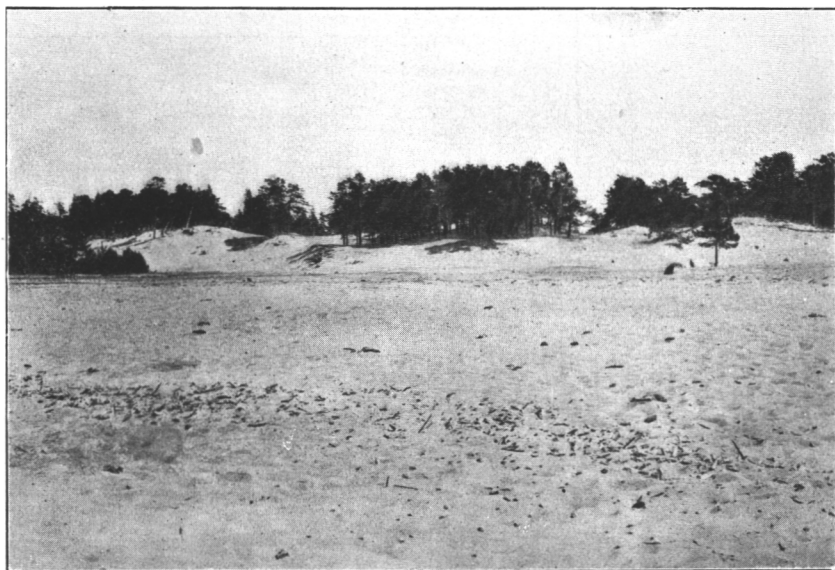
Kuva 4. Tuulen kuluttama metsän reuna Lavan-
saaren Hiekkataipaleen itäisellä laidalla.

*Fig. 4. Von Wind verzehrter Waldrand auf der
Landenge Hiekkataipale, Lavansaari.*



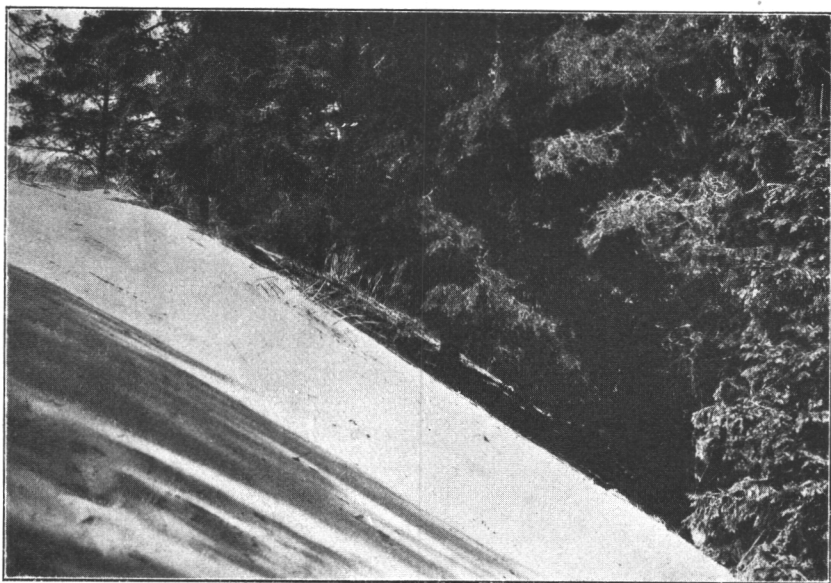
Kuva 5. Lavansaaren Hiekkataipale lännestä katsottuna. Etualalla
Vanhankirkonmäki.

Fig. 5. Blick über die Landenge Hiekkataipale, Lavansaari, von Westen her.



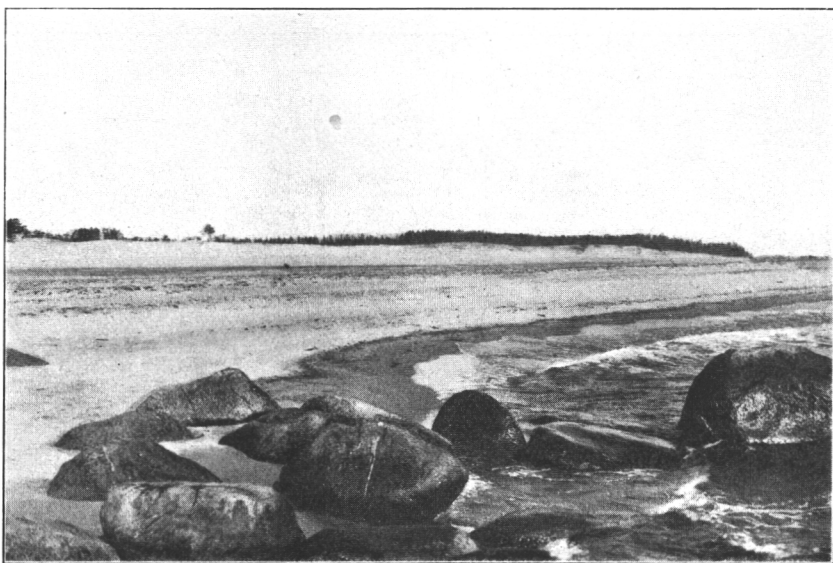
Kuva 6. Lavansaaren Hiekkakukkula rannasta katsottuna.

Fig. 6. Luvseite der Düne Hiekkakukkula, Lavansaari.



Kuva 7. Metsään tunkeutuva kulkudyyni, Lavansaaren Hiekkakukkulan itärinne.

Fig. 7. Leeseite der Düne Hiekkakukkula, Lavansaari.



Kuva 8. Tytärsaaren lentohietikköä Tuomäen nenältä luoteeseen katsottuna.

Fig. 8. Blick über die nördliche Hälfte des Flugsandfeldes von Tytärsaari von Tuomäen nenä her.



Kuva 9. Metsään tunkeutuva kulkudyyni, Tytärsaaren Kaunismäki.
Taustalla keskiosassa hiekkaan hautaantuneita mäntyjä, jotka
näkyvät myös kuvassa 10.

Fig. 9. Leeseite der Wanderdüne Kaunismäki, Tytärsaari.



Kuva 10. Lentohiekan 7—8 m syvälti hautaamia mäntyjä. —
Tytärsaaren Kaunismäki.

*Fig. 10. Von der Wanderdüne Kaunismäki bis in 7—8 m Tiefe versandete
Kiefern. — Tytärsaari.*



Kuva 11. Lentohiekan n. 8 m syvälti hautamaa kuusikkoa. —
Tytärsaaren Kaunismäki.

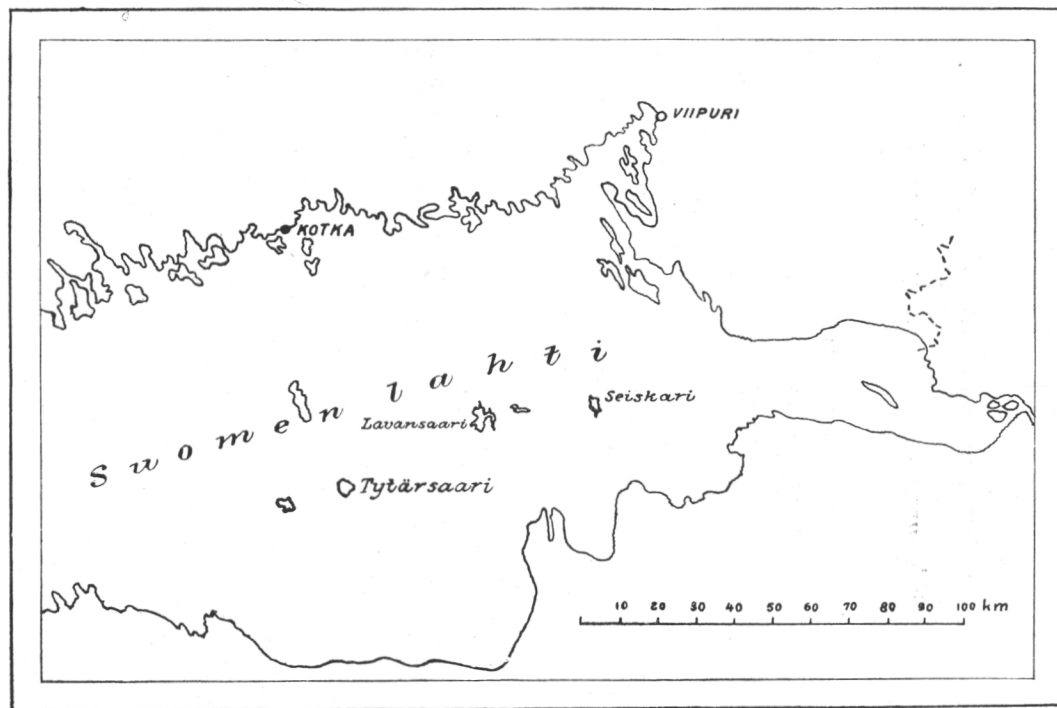
*Fig. 11. Von der Wanderdüne Kaunismäki bis in ca. 8 m Tiefe versandeter
Fichtenbestand. — Tytärsaari.*



Kuva 12. Lentohiekan peittoon joutunutta tervaleppäkorpea (Ryytsantin
suon laitaa). — Tytärsaari.

Fig. 12. Vom Flugsand überschütteter Erlenbruch. — Tytärsaari.

Suomenlahden itäosan kartta, josta näkyy ulkosaarten maantieteellinen sijoitus.



Kartenskizze über den östlichen Teil des Finnischen Meerbusens mit den Ausseninseln Seiskari, Lavansaari und Tytärsaari.

Selitys lentohietikköjen karttoihin.

Erklärung zu den Karten der Dünengebiete.

Mäntyjä	✻	✻	<i>Kiefern</i>
Mäntyjä, nuoria	✧	✧	» , <i>junge</i>
Kuusia	♠	♠	<i>Fichten</i>
Hautaantunneita mäntyjä	✧	✧	<i>Versandete Kiefern</i>
» kuusia	♠	♠	» <i>Fichten</i>
» tervaleppiä	⊗	⊗	» <i>Schwarzerlen</i>
Paljastuneita puidenjäännöksiä	×	×	<i>Ausgewehrte Baumreste</i>
Louhikkoa	•••		<i>Geröll</i>
Muinainen hautausmaa	††		<i>Ehemaliger Friedhof</i>

Seiskarin lentohietikkö = *Dünengebiet von Seiskari*
 Lavansaaren lentohietiköt = *Die Dünengebiete von Lavansaari*
 Tytärsaaren lentohietikkö = *Dünengebiet von Tytärsaari*

Pituusmittakaava = *Längenmassstab*
 Korkeusmittakaava = *Höhenmassstab*

SEISKARIN LENTOHIEKÄ

V. 1925

KARTTA

PROFIILEJA

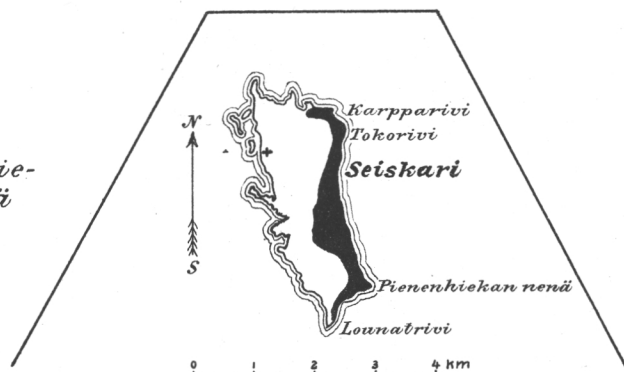
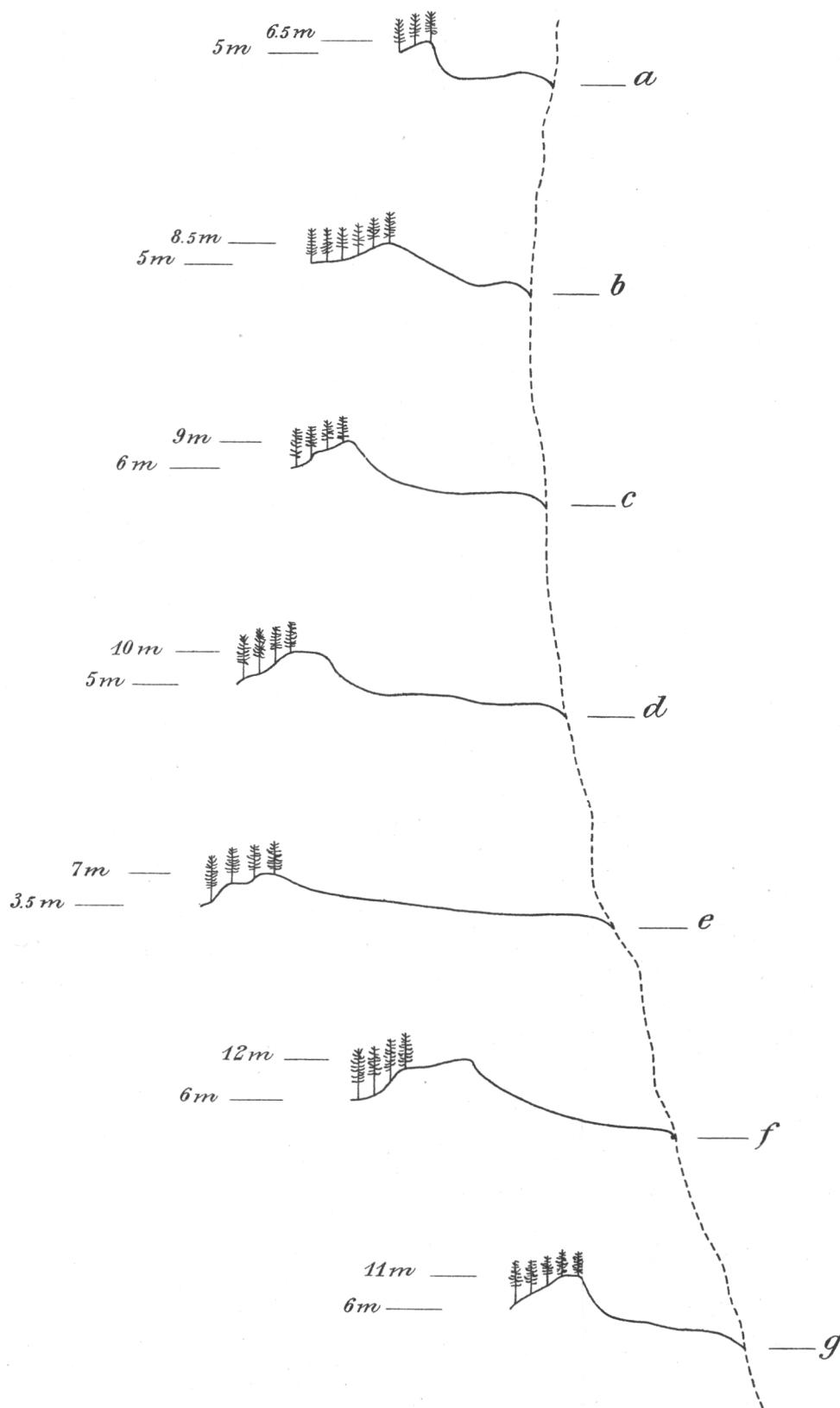
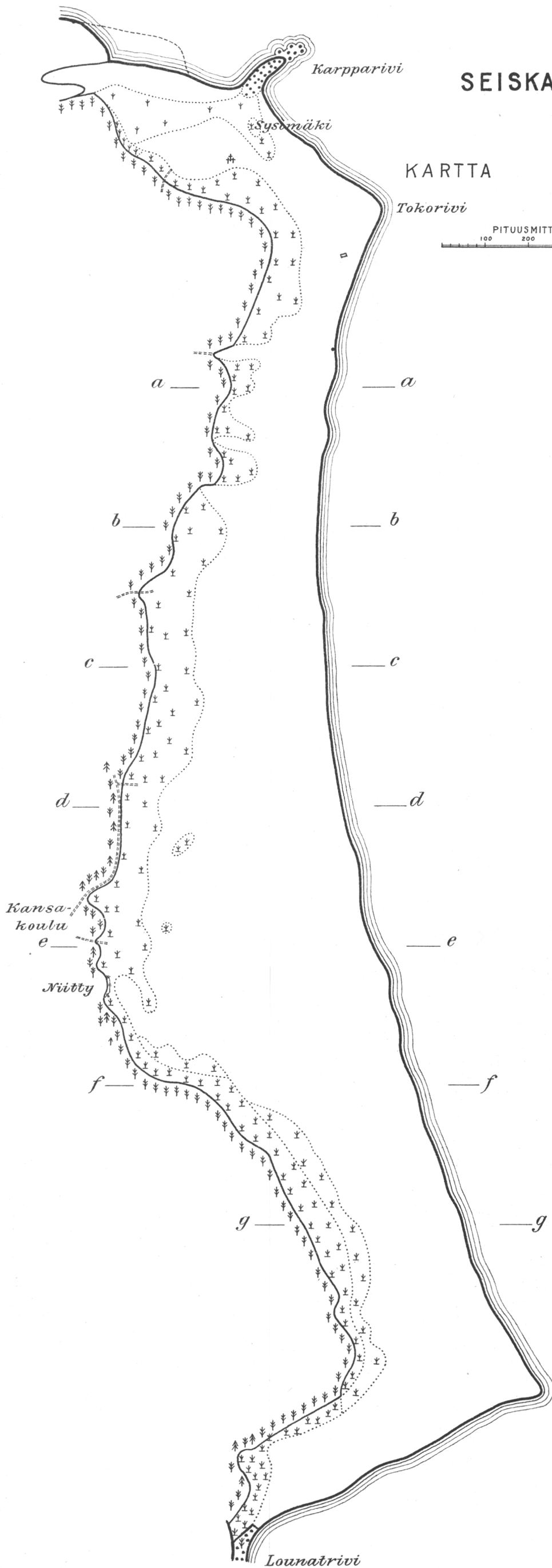
Tokorivi

PITUUSMITTAKAAVA

100 200 300 400 500 m

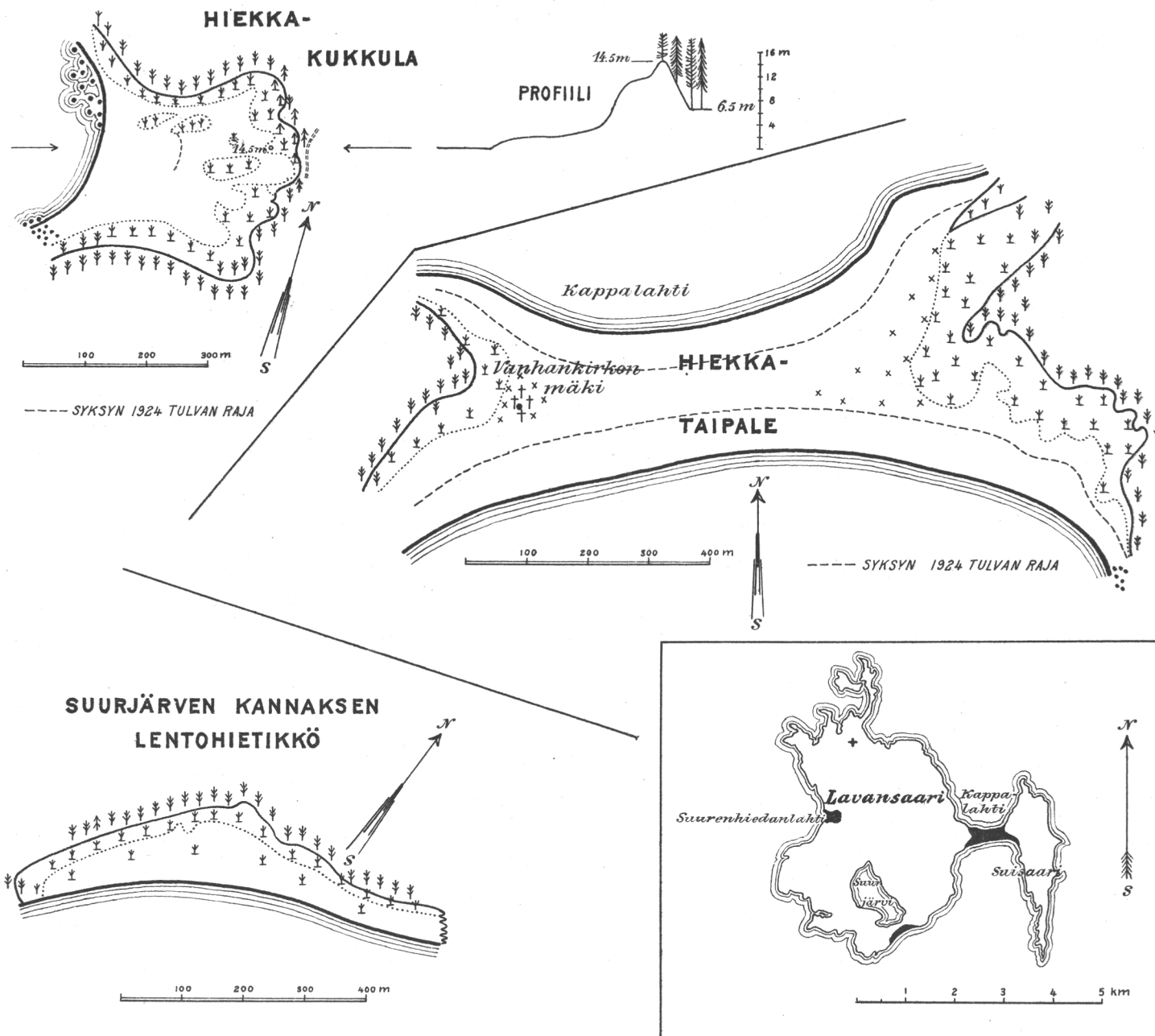
KORKEUSMITTAKAAVA

10 20 m



LAVANSAAREN LENTOHIIETIKÖT

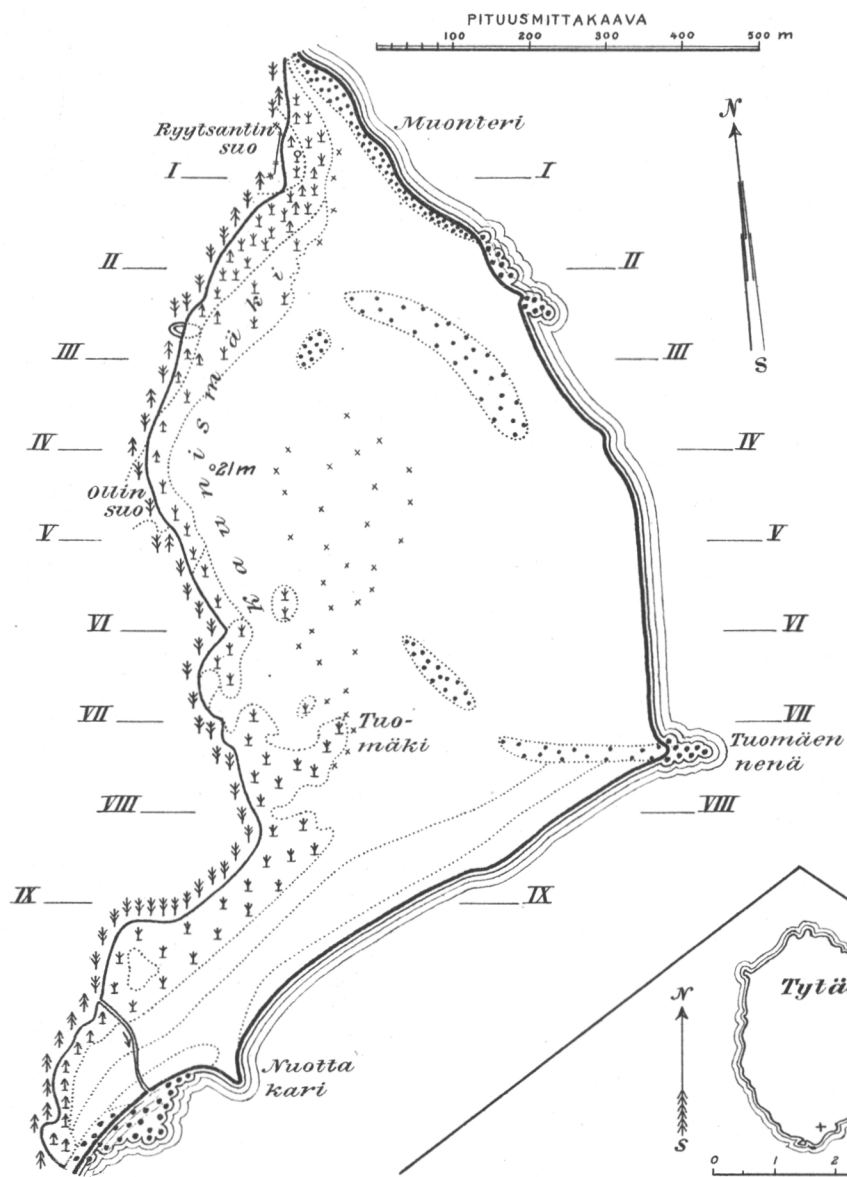
V. 1925



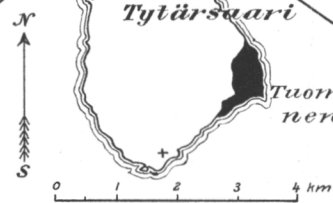
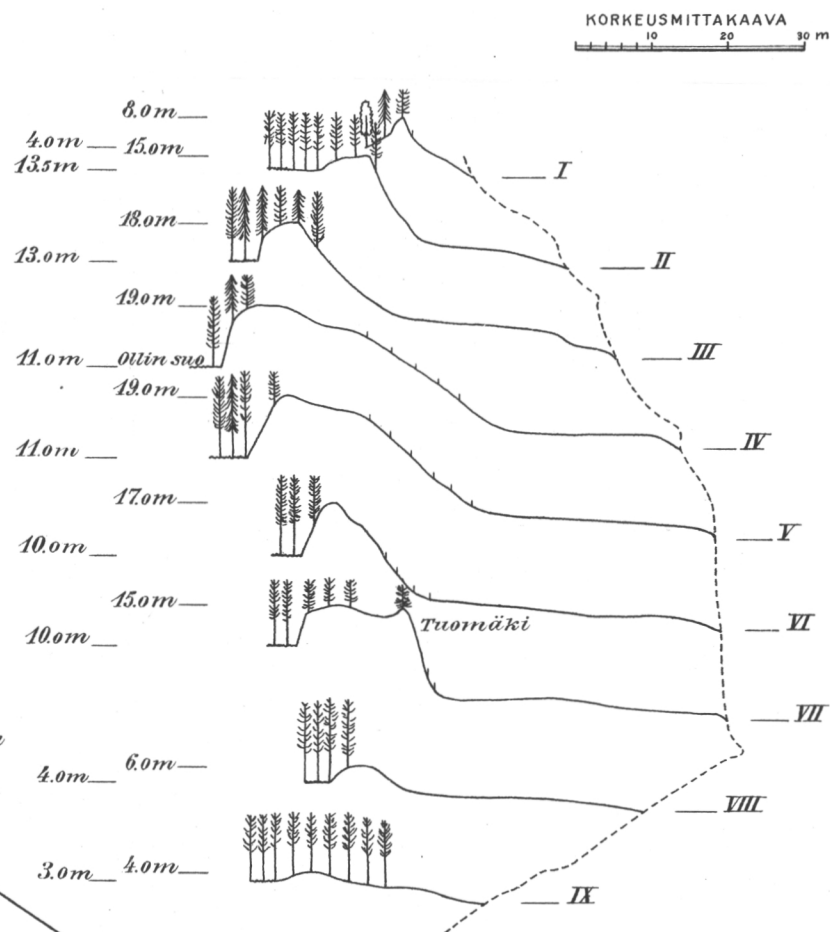
TYTÄRSAAREN LENTOHIETIKKÖ

V. 1925

KARTTA



PROFIILEJA



MYRSKYTUHOISTA
RAIVOLAN LEHTIKUUSIMETSÄSSÄ
SYYSKUUN 23 PÄIVÄNÄ 1924

O. HEIKINHEIMO

ÜBER DIE STURMSCHÄDEN IN DEM
LÄRCHENWALDE BEI RAIVOLA AM
23. SEPTEMBER 1924
(REFERAT)

HELSINKI 1926
VALTIONEUVOSTON KIRJAPAINO

Siperialainen lehtikuusi (*Larix sibirica*), jota Suomessa on viljelty pitemmän ajan kuin mitään muuta ulkolaista metsäpuuta, on niinhyvin kasvuun kuin rahalliseen kannattavaisuuteen nähden osotautunut voivansa varsin hyvin kilpailla kotimaisten puulajien kanssa. Kun sen kasvattamiseen meillä tullaan epäilemättä kiinnittämään yhä yleisempää huomiota, on tarpeellista koettaa käyttää hyväksi kaikkia niitä tilaisuuksia, joista voidaan saada aineistoa tämän puulajin biologian ja yleisten menestymisedellytysten selvittelylle. Tämän takia onkin syytä yksityiskohtaisesti selvittää niiden myrskytuhojen syitä ja laatua, jotka sattuivat Metsätieteellisen koelaitoksen kokeilualueeksi määrätyllä Raivolan lehtikuusimetsän alueella syyskuun 23 päivänä 1924.

Tässä tutkimuksessa käytetty aineisto on saatu myrskyn vahingoittamissa lehtikuusissa pääasiassa kuutioimistauluja varten tehtyjen mittausten yhteydessä. Sen on suurimmaksi osaksi kerännyt metsänhoitaja, fil. maist. A. SANDHOLM. Koelaitoksen assistentti fil. kandidaatti VILJO KUJALA on hyväntahtoisesti avustanut lehtikuusissa tavattujen lahojen määräämisessä. Täten saamastani avusta lausun parhaat kiitokseni.

Kun tohtori LAURI ILVESSALO on kirjoituksessaan Raivolan lehtikuusimetsä (Metsätieteellisen koelaitoksen julkaisuja 5, v. 1923) tehnyt täydellisen kuvauksen tämän metsän synnystä ja sen tilasta ennen kysymyksessä olevaa myrskyä, viittaan tässä yhteydessä tähän ansiokkaaseen tutkimukseen.

Helsingissä, Metsätieteellisellä koelaitoksella, marraskuussa 1925.

O. Heikinheimo.

SISÄLTÖ:

	Sivu
<i>Myrskytuhojen suuruus</i>	5
<i>Myrskytuhojen suuruuteen vaikuttaneet seikat</i>	13
Myrskyn voima ja suunta	13
Maasto ja metsien laatu	15
Maalaji ja juuristomuoto	19
Lehtikuusien lahovikaisuus	25
<i>Myrskyn tuhoamissa lehtikuusissa tavattavat lahot ja niiden aikaansaama vahinko</i> ..	31
Lehtikuusen juurissa ja rungossa tavatut lahot	31
Lehtikuusen rungossa tavatut lahot	35
Eri laholajien yleisyys ja niiden aiheuttama tuho	38
Männyn ja kuusen lahovikaisuus Raivolan lehtikuusimetsässä	41
<i>Huomioon otettavia seikkoja lehtikuusta kasvatettaessa</i>	42

MYRSKYTUHOJEN SUURUUS.

Kysymyksessä olevan myrskyn takia menetti Raivolan lehtikuusimetsä kaikkiaan 634 lehtikuusta. Niiden jakautuminen varsinaisten lehtikuusimetsien ja lehtikuusisekametsien eri osastojen ¹⁾ sekä eri paksuusluokkien osalle käy selville taulukosta 1. Tutkimuksia



Kuva 1. Myrskyn kaatamia lehtikuusia. Osaston II c pohjoislaide.
Abb. 1. Durch den Sturm niedergeworfene Lärchen. Am Nordrande der Abteilung II c.

suoritettaessa on nämä lehtikuuset ryhmitetty kolmeen luokkaan sen mukaan, miten myrskyn seuraukset niissä alkuaan esiintyivät, nim. maahan kaatuneihin (kuva 1), murtuneihin (kuva 2) ja nojalleen jääneihin (kuva 3). Näiden eri luokkien absolutista ja relativista määrää osoittaa taulukko 2. Ennen tuhoa koko alueella olleesta 7 195 lehtikuusesta on sen mukaan vahingoittunut 8.8 %, ollen näistä

¹⁾ Osastoista ovat I—V varsinaisessa, melkein puhtaassa lehtikuusimetsässä, osastot VI—IX lehtikuusen ja kotimaisten puulajien sekametsissä.
Kartta sivulla 16.

Taulukko 1. *Myrskyn tuhoamien lehtikuusten luku osastoittain.* —
Tabelle 1. *Verzeichnis der beschädigten Lärchen nach Abteilungen.*

Läpimitta 1.3 m kork. Durchm. in 1.3 m Höhe	Lehtikuusikot Reine Lärchenbestände						Lehtikuusisekametsät Mischbestände von Lärchen				Osastojen ulkonolella Auserhalb der Abteilungen	Kaikkiaan Alles zusammen
	I os. Abt.	II os. Abt.	III os. Abt.	IV os. Abt.	V os. Abt.	Yh- teensä Zu- sammen	VII os. Abt.	VIII os. Abt.	IX os. Abt.	Yh- teensä Zu- sammen		
sm — cm	Lehtikuusia kpl — Anzahl der Lärchen											
15.....	—	1	—	1	—	2	—	—	—	—	—	2
17.....	1	—	—	1	1	3	—	—	—	—	—	3
19.....	2	2	—	1	1	6	—	1	—	1	—	7
21.....	6	2	—	—	—	8	—	—	—	—	1	9
23.....	2	3	1	1	1	8	—	1	—	1	—	9
25.....	7	3	—	—	1	11	—	1	—	1	1	13
27.....	—	3	—	1	—	4	—	—	—	—	1	5
29.....	5	10	—	1	1	17	—	—	—	—	1	18
31.....	1	11	2	1	1	16	—	3	—	3	1	20
33.....	5	14	1	2	1	23	—	1	—	1	—	24
35.....	2	14	9	5	4	34	—	—	—	—	1	35
37.....	3	13	5	3	4	28	1	—	1	2	—	30
39.....	4	24	3	8	1	40	2	2	—	4	1	45
41.....	5	16	7	4	1	33	—	1	—	1	2	36
43.....	4	21	1	4	4	34	—	1	—	1	—	35
45.....	4	29	4	5	1	43	—	1	—	1	2	46
47.....	5	29	6	1	3	44	—	—	—	—	2	46
49.....	6	32	8	4	1	51	—	1	—	1	1	53
51.....	4	25	4	—	3	36	—	—	—	—	3	39
53.....	4	19	4	1	1	29	—	1	—	1	—	30
55.....	4	17	5	1	1	28	—	1	—	1	—	29
57.....	1	17	1	1	—	20	—	—	—	—	—	20
59.....	3	17	2	—	—	22	—	—	—	—	1	23
61.....	4	9	2	1	—	16	—	—	—	—	1	17
63.....	1	7	2	—	—	10	—	—	—	—	—	10
65.....	2	5	—	—	2	9	—	—	—	—	—	9
67.....	1	2	—	—	1	4	—	—	—	—	—	4
69.....	—	4	—	—	—	4	—	—	—	—	1	5
71.....	2	2	—	—	—	4	—	—	—	—	—	4
73.....	—	5	—	—	—	5	—	—	—	—	—	5
75.....	—	2	—	—	—	2	—	—	—	—	—	2
77.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
79.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
81.....	—	1	—	—	—	1	—	—	—	—	—	1
Yht. — Zus.	88	359	67	47	34	595	3	15	1	19	20	634

kaatuneita 86.0 %, murtuneita 8.2 % ja nojalleen jääneitä 5.8 %. Suhteellisesti suurin on hävitys ollut osastossa II a, jonka 654 lehtikuusesta on tuhoutunut 111 kpl. eli 17.0 %, pienin — lukuunottamatta osastoa VI, jossa myrsky ei ole saanut aikaan välitöntä tuhoa — osastossa IX, jossa vastaavat luvut ovat 158 ja 1 kpl. sekä 0.6 %. Jos osaston II alaosastot yhdistetään, saadaan koko tälle osastolle



Kuva 2. Myrskyn murtamia lehtikuusia. Osasto II c.
Abb. 2. Vom Sturm abgebrochene Lärchen in der Abteilung II c.



Kuva 3. Myrskyn nojalleen painamia lehtikuusia. Osaston I
länsipää.
Abb. 3. Im Sturme halb niedergefallene Lärchen. Am Westrande
der Abteilung I.

seuraavat luvut: kaikkiaan on osasto menettänyt 359 lehtikuusta eli 13.5 %, joista kaatunut on 319 kpl. eli 88.8 %, murtunut 24 kpl. eli 6.7 % ja nojalleen jäänyt 16 kpl. eli 4.5 %. Tätä lähinnä on osasto I, jota vastaavat luvut käyvät selville taulukosta 2.

Taulukko 2. *Eri tavoilla tuhoutuneiden lehtikuusten luku osastoittain.*
Tabelle 2. *Verzeichnis der auf verschiedene Weise beschädigten Lärchen nach Abteilungen.*

Osasto — Abteilung	Kaatunut Niedergefallen				Murtunut Gebrochen			Nojallaan Halt niederge- fallen	Lehtikuusia alkaan kpl. Anzahl der Lärchen vor dem Sturme St.	Edellisistä Von den vorigen			
	Kpl. — Stück				%					%			
	kaatunut niedergefallen	murtunut gebrochen	nojallaan halt niedergefallen	tuhoutunut kaikkiaan beschädigt zusammen	kaatunut niedergef.	murtunut gebrochen	nojallaan halt niedergefallen			tuhoutunut kaikkiaan beschädigt zusammen			
I.....	71	11	6	88	80.7	12.5	6.8	817	8.7	1.4	0.7	10.8	
II a.....	85	14	12	111	76.6	12.6	10.8	654	13.0	2.2	1.8	17.0	
II b.....	160	8	2	170	94.1	4.7	1.2	1 195	13.4	0.7	0.1	14.2	
II c.....	74	2	2	78	94.9	2.6	2.5	818	9.0	0.2	0.3	9.5	
III.....	48	11	8	67	71.7	16.4	11.9	951	5.0	1.2	0.8	7.0	
IV.....	41	2	4	47	87.2	4.3	8.5	464	8.8	0.4	0.9	10.1	
V.....	28	4	2	34	82.3	11.8	5.9	1 070	2.6	0.4	0.2	3.2	
VI.....	—	—	—	—	—	—	—	166	—	—	—	—	
VII.....	3	—	—	3	100	—	—	28	10.7	—	—	10.7	
VIII.....	15	—	—	15	100	—	—	320	4.7	—	—	4.7	
IX.....	1	—	—	1	100	—	—	158	0.6	—	—	0.6	
Osastojen ulko- puolella - Aus- serhalb der Ab- teilungen	19	—	1	20	95.0	5.0	—	554	3.4	—	0.2	3.6	
Yht. — Zusamm.	545	52	37	634	86.0	8.2	5.8	7 195	7.6	0.7	0.5	8.8	
Lehtikuusimet- sässä — In den Lärchenbestän- den	507	52	36	595	85.2	8.7	6.1	5 969	8.5	0.9	0.6	10.0	
Sekametsissä — In den Misch- beständen	19	—	—	19	100	—	—	672	2.8	—	—	2.8	

Taulukko 3 on laadittu siten, että lehtikuuset on ryhmitetty 16 sm suuruisiin paksuusluokkiin, jotka vastaavat kuoren päältä 1.3 m korkeudella saatuja mittoja. Siinä olevat luvut osottavat, että suuremmista paksuusluokista on tuhoutunut puita suhteellisesti enemmän kuin pienemmistä ja että tämä seikka huomataan selvimmin m. m. osastoissa V, III ja II sekä yleensäkin puhtaissa lehtikuusimetsissä.

Taulukko 3. *Tuhoutuneiden lehtikuusten luku diametriluokittain*
(sm 1.3 m korkeudella kuoren päältä).Tabelle 3. *Verzeichnis der beschädigten Lärchen nach Diameterklassen*
(cm in 1.3 m Höhe mit Rinde).

Osasto — Abteilung	Ennen myrskyä puita seuraavissa diametriluokissa <i>Vor dem Sturm Bäume in folgenden Diameterklassen</i>				Myrskyn tuhoamia puita seuraavissa diametriluokissa <i>Von dem Sturm beschädigte Bäume in folgenden Diameterklassen</i>				Myrsky tuhonnut seuraavista diametriluokista <i>Von dem Sturm beschädigte Bäume in folgenden Diameterklassen</i>			
	12 —	28 —	44 —	60 +	12 —	28 —	44 —	60 +	12 —	28 —	44 —	60 +
	Kpl. — Stück				Kpl. — Stück				%			
I	174	335	266	42	18	29	31	10	10.3	8.7	11.7	23.8
II	243	1 030	1 198	196	14	123	185	37	5.7	11.9	15.4	18.9
III	81	509	333	28	1	28	24	4	1.2	5.5	10.2	14.3
IV	65	268	124	7	5	28	13	1	7.7	10.4	10.5	14.3
V	184	585	287	14	4	17	10	3	2.2	2.9	3.5	21.4
VI	74	67	25	—	—	—	—	—	—	—	—	—
VII	4	14	9	1	—	3	—	—	—	21.4	—	—
VIII	94	182	43	1	3	8	4	—	3.2	4.4	9.3	—
IX	53	95	9	1	—	1	—	—	—	1.1	—	—
Osastojen ulkopuolella — <i>Ausserhalb der Abteilungen</i>	180	374	—	—	3	6	9	2	1.7	1.6	—	—
Yht. — <i>Zusamm.</i>	1 152	3 459	2 294	290	48	243	286	57	4.2	7.0	12.5	19.7
Lehtikuusimetsissä — <i>In den Lärchenbeständen.</i>	747	2 727	2 208	287	42	225	273	55	5.6	8.3	12.4	19.2
Sekametsissä — <i>In den Mischbeständen</i>	225	358	86	3	3	12	4	—	1.3	3.4	4.7	—

Jos tarkastetaan kaatuneiden, katkenneiden ja nojalleen jääneiden lehtikuusten jakautumista mainittuihin paksuusluokkaryhmiin, huomataan, että nojalleen jääneet ovat yleensä suhteellisesti pienimpiä. Tästä saadaan seuraavalla sivulla oleva yhdistelmä.

Taulukko 4. Eri tavalla tuhoutuneiden lehtikuusten jakautuminen paksuusluokkiin.

Tabelle 4. Die Verteilung der auf verschiedene Weise beschädigten Lärchen in Diameterklassen.

Tuhoutumistapa Art der Beschädigung	Tuhoutuneista lehtikuusista kuuluu seuraaviin paksuusluokkiin (sm) — Von den beschädigten Lärchen gehören zu folgenden Diameterklassen (cm)								
	kpl. — Stück					%			
	12 —	28 —	44 —	60 +	Yhteensä Zusammen	12 —	28 —	44 —	60 +
Kaatonut — <i>Niedergefallen</i>	34	209	255	47	545	6.2	38.4	46.8	8.6
Murtunut — <i>Gebrochen</i>	6	14	23	9	52	11.6	26.9	44.2	17.3
Nojallaan — <i>Halb niedergefallen</i>	8	20	8	1	37	21.6	54.1	21.6	2.7

Kuten taulukosta 5 käy selville, on myrskyn vahingoittamien lehtikuusten todellinen kuutiomäärä kuorineen kaikkiaan 1 551 m³, josta kaatuneiden osalle tulee 1 356 m³, murtuneiden 136 ja nojalleen jääneiden 59 m³. Keskimäärin suurimpia ovat puut olleet osastossa II b, jossa keskipuun koko on 2.84 m³. Yleensäkin ovat osaston II vahingoittuneet puut olleet suhteellisen kookkaita; niiden keski-kuutio on 2.71 m³. Suurin tuhoutunut lehtikuusi on täyttänyt 1.3 m korkeudella maasta kuoren päältä 81 sm, ollen sen pituus 39.6 m ja kuutiomäärä kuorineen 6.01 m³ ja kuoretta 4.42 m³.

Kysymyksessä olevat luvut perustuvat lehtikuusten kuutioimiseen siten, että ensimmäinen tyvikappale on kuutioitu 1 m pituisena ja kaikki seuraavat 2 m pituisina, käyttäen kappaleiden keskeltä saatuja paksuusmittoja.

Taulukko 5. Tuhoutuneiden lehtikuusten kuutiomäärä ja keskisuuruus.

Tabelle 5. Die Kubikmasse und die durchschnittliche Grösse der beschädigten Lärchen.

Osasto — Abteilung	Tuhoutuneiden lehtikuusten kuutiomäärä yhteensä kuorineen m ³ Kubikmasse der Lärchen mit Rinde Fm					Tuhoutuneiden lehtikuusten keskikuutio kuorineen m ³ Die mittlere Kubikmasse der Lärchen mit Rinde Fm				
	Kaatonut Niederge- fallen	Murtunut Gebrochen	Nojalleen jääneet Halb nieder- gefallen	Yhteensä Zusammen		Kaatonut Niederge- fallen	Murtunut Gebrochen	Nojalleen jääneet Halb nieder- gefallen	Yhteensä Im Durch- schnitt	Keski- määrin
I.....	157.02	23.01	5.87	185.90		2.21	2.09	0.98	2.11	
II a.....	228.09	37.67	18.35	284.11		2.68	2.69	1.53	2.56	
II b.....	449.95	27.84	4.85	482.64		2.81	3.48	2.43	2.84	
II c.....	192.98	8.35	5.56	206.89		2.61	4.18	2.78	2.65	

Osasto — Abteilung	Tuhoutuneiden lehtikuusten kuutiomäärä yhteensä kuorineen m ³ Kubikmasse der Lärchen mit Rinde Fm				Tuhoutuneiden lehtikuusten keskikuutio kuorineen m ³ Die mittlere Kubikmasse der Lärchen mit Rinde Fm			
	Kaatu- neet Niederge- fallen	Murtu- neet Gebrochen	Nojalleen jääneet Hab nieder- gefallen	Yhteensä Zusammen	Kaatu- neet Niederge- fallen	Murtu- neet Gebrochen	Nojalleen jääneet Hab nieder- gefallen	Keski- määrän Im Durch- schnitt
III.....	125.92	28.74	14.42	169.08	2.62	2.61	1.80	2.52
IV.....	76.85	2.30	7.16	86.31	1.87	1.15	1.79	1.84
V.....	58.51	7.88	1.64	68.03	2.09	1.97	0.82	2.00
VII.....	4.32	—	—	4.32	1.44	—	—	1.44
VIII.....	23.27	—	—	23.27	1.55	—	—	1.55
IX.....	1.36	—	—	1.36	1.36	—	—	1.36
Osastojen ulkopuolella — Ausserhalb der Abtei- lungen	37.54	—	1.50	39.04	1.98	—	1.50	1.95
Yhteensä — Zusammen	1 355.81	135.79	59.35	1 550.95	2.49	2.61	1.60	2.45
Lehtikuusimetsässä — In den Lärchenbeständen...	1 289.32	135.79	57.85	1 482.96	2.54	2.61	1.61	2.49
Sekametsässä — In den Mischbeständen	28.95	—	—	28.95	1.52	—	—	1.52
Osasto II — Abteilung II	871.02	73.86	28.76	973.64	2.73	3.08	1.80	2.71

Kuorettomana ovat vastaavat kuutiomäärät

kaatuineet 1 067.93 m³, keskipuu 1.96 m³

murtuneet 108.83 » » 2.09 »

nojalleen jääneet 46.12 » » 1.25 »

Yhteensä 1 222.88 m³, keskipuu 1.93 m³

Kuoren määrä on kaikissa lehtikuusissa siis 328.07 m³ eli 21.15 % kuorellisesta kuutiosta. Kun kotimaisilla puulajeilla viimeainittu luku vaihtelee kookkaimmilla puilla keskimäärin 12—14 %, on ero näiden puulajien ja lehtikuusen välillä tässä suhteessa varsin tuntuva. Myöskin pienempiin ja suurempiin paksuusluokkiin kuuluvilla lehtikuusilla vaihtelee kuoren määrä, ollen 12—28 sm luokassa 23.71 %, 28—44 sm luokassa 21.79 %, 44—60 sm luokassa 20.95 % ja 60 + sm luokassa 21.21 %.

Tuhoutuneiden lehtikuusten arvon tarkkaa määräämistä vaikeuttaa se, ettei lehtikuusen kauppa Suomessa ole vielä vakiintunutta. Pienemmälle puutavaralle, kuten aita- ja puhelinpylväille sekä ratapölkkyille voidaan kuitenkin laskea keskimäärin suunnilleen 100 % korkeampi bruttohinta kuin vastaaville mäntytavaroille. Järeämmälle tavaralle sitävästoin on oikeampaa otaksua vain 50 % korotus. Näin menetellen tullaan seuraaviin tuloksiin, jos laskelmassa lehtikuusen nettoarvoille käytetään vain keskimääräisiä likiarvoja.

Vahvuusluokat sm; 12 —	28 —	44 —	60 +	Yhteensä	
Kuutiomäärä kuori- neen m ³	21.64	381.53	875.43	273.11	1 551.71
Kuutiomäärä kuo- retta m ³	16.51	298.40	692.05	215.17	1 222.13
Arvo m ³ :lle mk.	100	200	350	500	—
Arvo yhteensä mk	1 651:—	59 680:—	242 217:—	107 585:—	411 133:—
» puuta kohti	34:—	246:—	847:—	1 888:—	648:—

Lehtikuusten kokonaisarvoa, n. 411 000 mk., vastaa 648 mk. keskiarvo puuta kohti. Edelläoleva laskelma on laadittu olettaen, että lehtikuuset ovat terveitä. Näin ei kuitenkaan ole ollut asianlaita. Kuten edempänä (siv. 25) käy selville, on niissä ollut suhteellisen suuressa määrässä puiden arvoa alentavia lahovikoja, ja sitäpaitsi on suuri osa lehtikuusista kaatuessaan murtunut, toisinaan hyvinkin useasta kohti. Juurineen kaatuneilla sekä myrskyn murtamilla lehtikuusilla, joita kaikkiaan on 545 kpl., on runko jäänyt aivan eheäksi vain 27.5 %:lla, 24.2 % murtuessa yhdestä kohdasta, 18.5 % kahdesta, 12.5 % kolmesta, 9.7 % neljästä, 5.3 % viidestä, 1.3 % kuudesta, 0.6 % seitsemästä ja 0.4 % yhdeksästä. Murtumien suhteellinen lukuisuus on aiheutunut etupäässä puiden pituudesta ja maaston epätasaisuudesta. Useimmiten on katkeama, lukuunottamatta pystyyn murtuneita puita, sijainnut rungon puolikorkeuden yläpuolella. Myytäessä onkin kaikista lehtikuusista saatu Raivolan asemalla ainoastaan 364 000 mk. eli n. 574 mk. puuta kohti. Tätä vastaava nettoarvo metsässä on ollut n. 227 000 mk. eli puulle 358 mk. Todellista kuoretonta (lahoviat ja murtokohdat sisältävää) kuutiometriä kohti vastaavat viimeksimainitut keskimäärin 186 mk. Tähän suhteellisen epäedulliseen tulokseen ovat osaltaan vaikuttaneet myöskin järeän puutavaran verrattain pieni kysyntä vuosina 1925 ja 1926 sekä valtion laitoksilta velotun hinnan alhaisuus. Nettohintaa ovat laskeneet myöskin talven 1924—25 lumettomuuden ja puiden kokonaisina kuletuksen aiheuttamat korkeat kuletus- ja lastauskustannukset.

Raivolan lehtikuusimetsää aikaisemmin tiettävästi kohdanneihin myrskytuhoihin verraten on v. 1924 myrsky aikaansaanut suurimmat vahingot. Niin kaatoi LAURI ILVESSALON ¹⁾ mukaan myrsky v. 1887 127 lehtikuusta ja 1912 114 lehtikuusta. Lehtikuusimetsän lehtikuusien puuvaraston muuttumisesta viime aikoina on seuraavat tiedot: puhtaissa lehtikuusimetsissä (osastot I—V) oli v. 1903 6 605 lehtikuusta vastaten 10 632 m³, v. 1921 6 011 lehtikuusta vastaten 13 760 m³ ja 1924 syksyllä kysymyksessä olevan myrskyn jälkeen

¹⁾ LAURI ILVESSALO, Raivolan lehtikuusimetsä, siv. 63.

5 325 kpl. Kun tammikuun 19 ja 20 päivän välinen myrsky v. 1925 kaatoi tai muuten vahingoitti 63 lehtikuusta, on koko lehtikuusimetsän lehtikuusten luku, jonka ILVESSALO v. 1921 arvioi n. 7 300 kpl., vastaten n. 15 200 m³, vähentynyt tammikuun loppuun 1925 kaikkiaan 739 puulla. Tästä tulee myrskytuhoon osalle 697 puuta. Muut on hakattu kuivuneina taikka tutkimuksien tekoa varten.

Edelliseen verraten ovat samanaikaiset tuhot kotimaisten puulajien muodostamissa metsissä suhteellisesti pienemmät. Niin kaatoi tai murskasi kysymyksessä oleva syyskuun myrsky lehtikuusimetsän alueella, jossa ILVESSALON toimittaman linja-arvioimisen perusteella sekä myöhemmin toimitetut hakkuut huomioon ottaen oli vähintään 22 sm 1.3 m korkeudella täyttäviä mäntyjä ja kuusia n. 23 800 kpl., vastaavankokoisia havupuita 368 kpl. eli n. 1.5 % ja seuraava tammikuun myrsky 75 kpl. eli 0.3 %.

MYRSKYTUHOJEN SUURUUTEEN VAIKUTANEET SEIKAT.

MYRSKYN VOIMA JA SUUNTA.

Kun Raivolan kokeilualueella ei tehdä ilmatieteellisiä havaintoja, täydytään arvioitaessa myrskyn voimakkuutta kysymyksessä olevana syyskuun 23 päivänä käyttää läheisimmiltä ilmatieteellisiltä asemilta saatavia tietoja. Näistä asemista sijaitsee Seivästön majakka n. 30 km länsilounaaseen, Halilan parantola n. 30 km länsiluoteeseen ja Rautu n. 50 km koilliseen. Meteorologiselta keskuslaitokselta on tohtori J. KERÄNEN, joka myös on huomauttanut, että myrskyn sattuessa oli yleinen säätilanne jotakuinkin samanlainen kuin Amerikassa tornadojen aikana, antanut näiden havaintoasemien tuloksista seuraavat tiedot:

Seivästö:	klo 7 ap.	SE	3	Beauf.	klo 2 p.	SW	11	B.	klo 9 ip.	WSW	12	B.
Halila:	» 7	»	SSE	4	»	»	2	»	S	9	»	» 9 » SW 8 »
Rautu:	» 7	»	S	4	»	»	2	»	SW	10	»	» 9 » W 8 »

Raivolan lehtikuusimetsän sijaitessa ainoastaan n. 4 km päässä Suomenlahden rannasta etelän suunnassa ja n. 12 km päässä lounaan suunnassa, ovat meren rannalla sijaitsevaa Seivästöä koskevat luvut epäilemättä parhaiten sovellettavissa Raivolan kokeilualueelle. Kun myrsky Raivolassa ei ollut voimakkaimmillaan niinä aikoina jolloin edellä mainitut havainnot on tehty, vaan klo 4 ja 6 välillä iltapäivällä, jolloin tuhot lehtikuusimetsässäkin sattuivat, antavat luvut tukea sille käsitykselle, että myrskyn voima tällöin nousi 12 Beaufortiin

eli 40 m sekunnissa. Hirmumyrskyyn viittaavat myöskin ne havainnot, jotka kokeilualueen metsätyönjohtaja E. JAHNSSON ja lehtikuusimetsässä myrskyn alkaessa olleet työmiehet tekivät myrskyn luonteesta. Tunnettuja ovat myöskin Suomenlahden rantamilla sattuneet monenlaiset hävitykset, jotka olivat tuhoisimpia Suomenlahden pohjukassa, jossa myrskyn tuhoa täydensi sen aikaansaama tulva. Niin kaatoi myrsky Suomenlahden etelärannalla sijaitsevassa Pietarhovin puistossa n. 800 puuta. Pietarissa arvioitiin tulvan tuottaneiden vahinkojen arvo alhaisen arvion mukaan 400—500 milj. Suomen markaksi.¹⁾ Nevassa nousikin vesi Venäjän meteorologisen laitoksen virallisen ilmoituksen mukaan 12 jalkaa 1.2 tuumaa (= 3.68 m) normaalista korkeutta ylemmäs, ja tuulen nopeus oli 40 m sekunnissa. Tätä suurempaa tulvaa ei Pietarissa tiedetä olleen muuta kuin marraskuun 19 päivänä 1824, jolloin veden nousu teki 13 jalkaa 8 tuumaa (= 4.17 m), ja jolloin myöskin Raivolan lehtikuusimetsässä, sen verrattain nuoresta iästä huolimatta, sattui ankaroita tuhoja.²⁾

Taulukko 6. *Kaatuneiden lehtikuusten runkojen kaatumissuunta.*
Tabelle 6. *Die Richtung der niedergefallenen Lärchenstämme.*

Osasto y. m. <i>Abteilung</i>	N	NO	O	SO	S	SW	NW	Yhteensä kpl. <i>Zusammen Stück</i>
	%							
I	4.6	14.9	63.2	16.1	1.2	—	—	87
II a	—	6.1	75.4	15.4	3.1	—	—	65
II b	—	6.6	77.8	14.4	1.2	—	—	167
II c	—	5.3	70.7	20.0	4.0	—	—	75
III	—	14.8	62.3	19.7	—	1.6	1.6	61
IV	4.4	15.2	65.2	15.2	—	—	—	46
V	3.0	9.1	60.6	27.3	—	—	—	33
VII	—	28.6	71.4	—	—	—	—	7
VIII	—	7.7	76.9	15.4	—	—	—	13
Yhteensä — <i>Zusammen</i>	1.4	9.6	70.5	16.7	1.4	0.2	0.2	554

Taulukkoon 6 on kaatuneet lehtikuuset ryhmitetty niiden kaatumissuunnan mukaan.³⁾ Siitä käy selville, että vallitseva myrsky-suunta lehtikuusimetsäalueella on ollut länsi. Poikkeukset tästä kaatumissuunnasta johtuvat maaston vaihtelusta, metsikköjen vaihtelevasta muodosta, yksityisten puiden juuriston kehityksestä ja puiden asemasta metsikössä sekä siitä, että myrskyn irrottamat puut ovat kaatuessaan sösseet maahan läheisiä puita.

¹⁾ Suomen pääkonsulinviraston selostus Helsingin Sanomissa 7/10 1924.

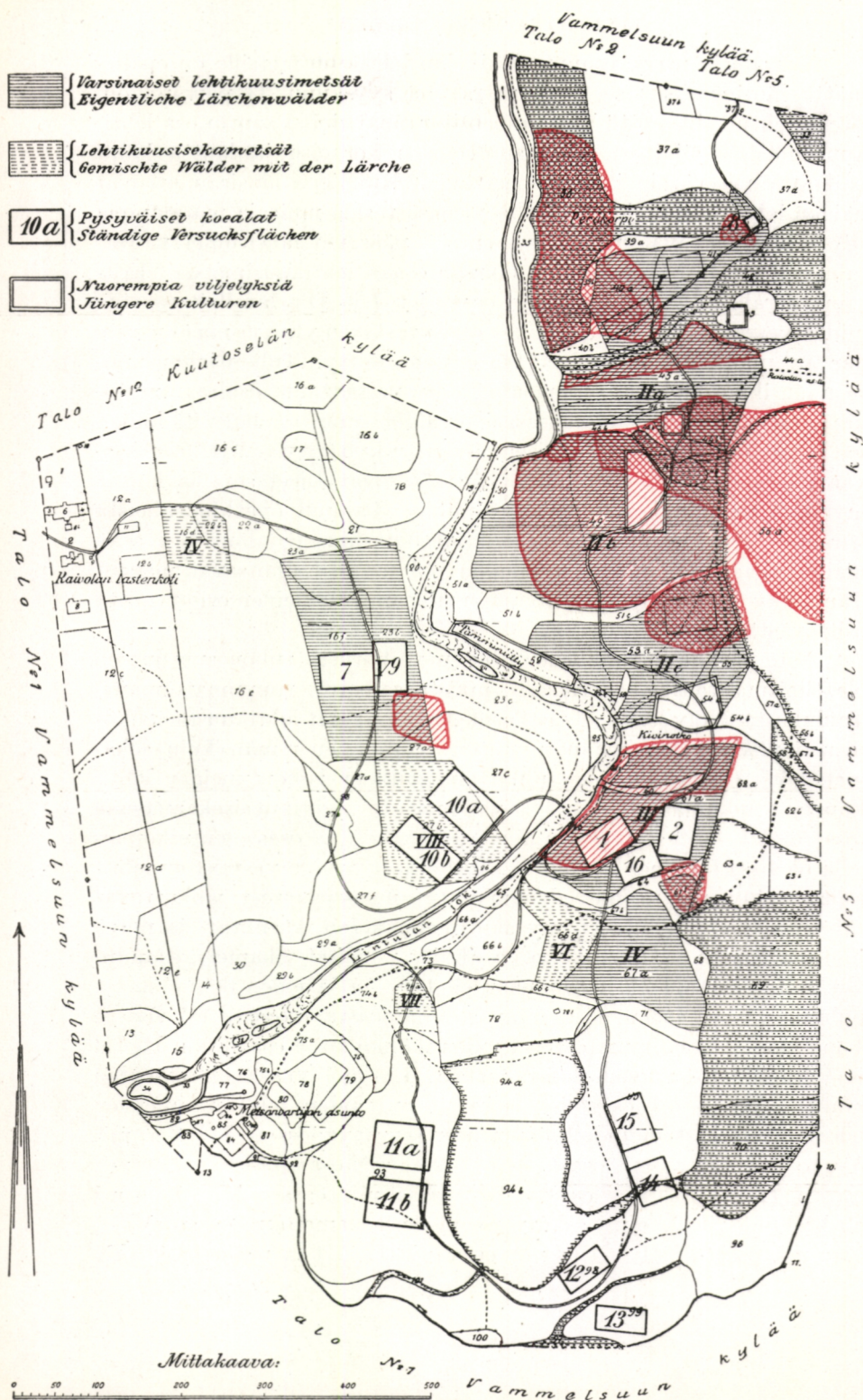
²⁾ LAURI ILVESSALO, Raivolan lehtikuusimetsä, s. 12.

³⁾ Osastossa II a ei kaikista kaadoista ole tehty muistiinpanoja.

MAASTO JA METSIEN LAATU.

Vaarallisin myrskysuunta Raivolan lehtikuusimetsille on epäilemättä läntinen, siis se, joka myrskyllä syyskuun 23 päivänä oli. Tämä johtuu siitä, että Lintulajoen itärannat, joilla suurin osa lehtikuusimetsistä sijaitsee, ovat suhteellisen korkeita ja länttä kohti paikoittain hyvinkin jyrkästi viettäviä. Kun joen länsirannat ovat näiden lehtikuusikkojen kohdalla yleensä tasaisempia ja matalampia sekä niillä kasvavat metsät lyhyempiä, pääsevät länsituulet verrattain välittömästi syöksymään suureen osaan lehtikuusimetsiä. Erittain vaarallisessa asemassa ovat osastojen I ja II a länsilaiteet, sillä niiden vastapäisellä puolella jokea oleva tasainen yksityismaa on vain harvaa, nuorta vesakkoa kasvava entinen niitty. Tuhon jakautumiseen lehtikuusimetsissä on maaston laatu vaikuttanut osaltaan myöskin siten, että itärannan eri osastojen välillä suunnassa länsi-itä kulkevat syvät notkot, joissa aikaisempien myrskyhävitysten jälkeen kasvava pääasiassa vain matalahkoa metsää, ovat olleet sopivia kohtia myrskyn voiman keskittymiseksi niihin. Pahiten ovatkin tuhoista kärsineet joen itäpuolella olevien lehtikuusimetsien länsiosat sekä mainittujen notkelmien reunoilla ja pohjukoiissa sijaitsevat metsät. Tämä käy selville myöskin myrskyn tuhoamien alueiden esiintymistä esittävästä kartasta (kuva 4).

Mitä metsikkölajiin tulee, ei sen vaikutusta tuhon suuruuteen ole tilaisuus tarkastaa erikseen, muista seikoista riippumattomana. Taulukosta 2 käy kyllä selvästi esille, että puhtaat lehtikuusimetsiköt ovat joutuneet kärsimään myrskystä paljon enemmän kuin sekametsiköt. Edellisissä tekee nimittäin kaikkien tuhoutuneiden lehtikuusten lukumäärä 10.0 %, varsinaisissa lehtikuusisekametsissä (osastot VI—IX) sitävastoin ainoastaan 2.8 % ja osastojen ulkopuolella olevissa sekametsissä 3.6 %, kaikki laskettuina vastaavien lehtikuusten luvusta. Paitsi edellämainitut maastosuhteet vaikuttavat tähän erilaiseen tulokseen myöskin metsikköjen ikäsuhteet ja niistä johtuva puiden erilainen koko. Kaikki varsinaiset sekametsät kuuluvat nim. lehtikuusten nuorimpaan eli 100—113 vuoden ikäluokkaan, puhtaista lehtikuusimetsistä sitävastoin ainoastaan osasto IV. Osasto I muodostaa vanhimman, 186 vuoden ikäluokan ja osastoihin II, III ja V kuuluu 151 vuoden ikäisiä metsiä. LAURI ILVESSALON arvioiden mukaan olikin eri osastoissa olevien puhtaiden lehtikuusimetsien lehtikuusten keskipuun koko kuorineen seuraava: osasto I — 2.22 m³, osasto II a — 2.57 m³, osasto II b — 2.62 m³, osasto II c — 2.54 m³, osasto III — 2.35 m³, osasto IV — 1.84 m³, osasto V — 1.73 m³ eli keskimäärin 2.29 m³ sekä varsinaisten sekametsien: osasto VI — 1.12 m³, osasto VII — 1.65 m³, osasto VIII — 1.24 m³ ja osasto IX

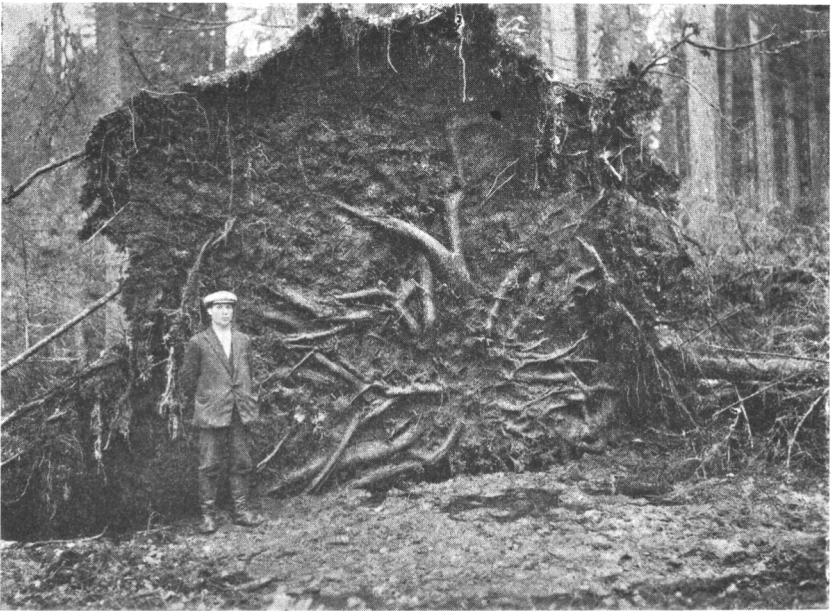


Kuva 4. Kartta tuhoalueista. Punanen ristiiväus vastaa pahiten, vinoiväus lievemmin tuhoutuneita alueita.
Abb. 4. Karte der Schädengebiete. Die rote Güterschraffierung entspricht den am stärksten, die einfache Schraffierung den leichter beschädigten Gebieten.

— 1.12 m³ eli keskimäärin 1.21. Vaikkakaan eri metsiköiden keskenään keskimäärin eri suuruisten lehtikuusten tuhoutumissuhdetta ei voida ilman muuta verrata saman metsikön eri suuruusluokkien tuhoutumiseen, josta taulukossa 3 esitetään tuloksia, voidaan kuitenkin pitää varmana, että kahdesta samanlaisissa oloissa kasvavasta ja saman puulajin muodostamasta metsästä on myrskyille alttiimpi se, joka on toista varttuneempi.

Mitä eri metsikkömuotoihin tulee, ei niiden suhteesta myrskytuhoihin voida Raivolan lehtikuusimetsissä tehdä havaintoja, sillä kaikki nämä metsät, myöskin lehtikuusisekametsät, ovat täysin tai likipitään tasaikäisiä. Samaten ovat lehtikuusimetsät säilyneet varsinaisilta hakkuilta, sillä niistä on aikaisemmin poistettu vain myrskyn kaatamat ja pystyyn kuivuneet puut. V. 1922—23 talvella toimitettu tuoreiden lehtikuusten hakkaus, jossa saatiin kaikkiaan 42 puuta, ei myöskään vaikuttanut lehtikuusimetsien kestävyYTEEN, sillä hakkaus oli keskitetty melkein yksinomaan yhteen kohtaan osastossa II c, nim. Kivinotkon puoleiseen kaakkoiskulmaan, josta kaikki puut kaadettiin järjestään tutkimuksien tekoa varten. Tässä uudessa metsänreunassa ei myrsky tehnyt tuntuvampaa vahinkoa; ainoastaan pari sen läheisyydessä kasvanutta lahotyvistä lehtikuusta murtui. Varsinaisia metsänhoidollisia hakkauksia on talvella 1923—24 toimitettu niinhyvin osastoissa (osastossa VIII kuitenkin ainoastaan pohjoispäässä) kuin niiden ulkopuolella olevissa lehtikuusisekametsissä sekä suurella osalla kotimaisten puulajien muodostamia metsiä. Lukuunottamatta Lintulajoen itäpuolelle joen ja pohjoisrajan kulmaan (kuvio 36) muodostettua 0.5 ha laajuista kuusisiemenpuuasentoalaa, metsänvartija-asunnosta koilliseen (kuvio 93) muodostettua n. 1 ha laajuista mäntysiemenpuuasentoalaa ja Lintulajoen länsipuolella verrattain lähellä Raivolan lastenkotia (kuvio 16 c) olevaa n. 0.5 ha laajuista paljaaksihakkausalaa sekä osastojen I ja II itäpuolella olevissa korvissa (kuviot 42 ja 56 a) toimitettua ylispuiden osittaista poistamista, ovat nämä hakkuut olleet väljennyshakkuita, jotka erittäinkin lehtikuusisekametsissä ovat kohdistuneet vain kaikista vikanaisimpien mäntyjen ja kuusten poistamiseen ja lehtikuusten vapauttamiseen. Suurimmassa osassa mäntyjä onkin ollut riisilaho, *Trametes pini*. Erittäin varovaisia ovat hakkuut olleet Lintulajoen ja osastojen I—III välillä, joissa suurimmat osat kotimaisten puulajien metsiä jätettiin vallan koskematta ja muuallakin poistettiin vain kuivat ja kuivumaisillaan olevat puut sekä vapautettiin alueella vilinä kasvavia jaloja lehtipuita. Kuitenkin on kieltämätöntä, että näillä hakkuilla, jotka sattuivat juuri ennen myrskyn tuloa, on ollut ainakin välillinen vaikutus vahinkojen suuruuteen. Pohjoisin lehtikuusiseka-

metsä (kuvio 37 c) on korkeahkolla mäellä sijaiten väljempään tilaan tottumattomana tuhoutunut ehkä enemmän kuin muuten olisi ollut asianlaita. Samaten ovat Lintulajoen itärannan lehtokorpimetsät, jotka kasvavat kovalla savimaalla, jossa turve- ja mutakerros on vain 20—30 sm syvä, tulleet hakkuiden ja ojituksienkin kautta jonkun verran heikommiksi. Suurien puiden kaaduttua niistä on myrsky myös päässyt välittömämmin syöksymään takana oleviin lehtikuusimetsiin. Näiden osastojen takana olevan metsän väljennyksen takia



Kuva 5. Lehtikuusen laakajuuristo kovalla savihietamaalla.

Abb. 5. Das Flachwurzelsystem der Lärche auf hartem Lehmboden.

voi myrsky helpommin rikkoa myöskin näiden pohjukoiden perässä olleet kapeat lehtikuusikko-kannakkeet, joissa aikaisempienkin myrskyjen jäljet ovat olleet vielä helposti huomattavissa.

Varsinaisista uudistushakkausaloista ovat tuhoutuneet kuusi- ja mäntysienempuualat melkein täydelleen; ainoastaan jälkimäiselle jäi siemenpuita suojassa olleelle länsilaidalle. Kuvaavana voidaan myöskin mainita, että Koelaitoksen kokeilualueeseen kuuluvalla Muotolan mäellä, joka sijaitsee lähellä koeaseman rakennuksia, hävitti sama myrsky metsän täydelleen n. 10 ha alalta. Tältä alalta oli ennen maan joutumista oston kautta valtiolle hakattu metsää erittäin voimakkaasti niin, että jätemetsässä ei voitu, sen suhteellisesti nuoresta iästä huolimatta, toimittaa muuta kuin siemenpuuasentohak-

kaus, jossa mänty-, kuusi- ja koivusiemenpuiden luku hehtaarin alaa kohti nousi n. 150. Tällaista asentoa eivät puut kestäneet, vaan murtuivat taikka kaatuivat.

MAALAJI JA JUURISTOMUOTO.

Erittäin helposti todettava on myrskytuhojen riippuvaisuus lehtikuusen kasvupaikan maalajista ja siitä aiheutuvasta puiden juuristo-



Kuva 8. Lehtikuusen tyypillinen juuristo löyhässä hietamaassa. Juuret menevät 1.7 m syvyyteen. Puun koko: pituus 38 m, paksuus 1.3 m korkeudella maasta 56 sm.

Abb. 8. Das typische Wurzelsystem der Lärche auf losem, feinem Sandboden. Die Wurzeln gehen in eine Tiefe von 1.7 m. Höhe des Baumes 38 m, Durchmesser in 1.3 m Höhe 56 cm.

muodosta. Juurineen kaatuneilla lehtikuusilla, joissa juuristo poikkeuksetta on niin paljastunut, että sen muoto on helposti voitu määrittää, on erotettu kolme toisistaan varsin selvästi eroavaa juuristomuotoa: laakajuuristo-, sarvijuuristo- ja tyypillinen juuristomuoto. Laakajuuristossa kulkevat juuret maanpinnan suunnassa tunkeutu-

matta juuri nimeksikään alempana olevaan perusmaahan (kuva 5), sarvijuuristossa taas on hirvensarvia muistuttavia litteitä juuristoryhmäitä, jotka menevät jonkun matkaa useimmiten pystysuorassa suunnassa alaspäin mineralimaan halkeamiin (kuvat 6 ja 7). Tyypillisenä on pidetty lehtikuusen juuristoa silloin, kuin siinä on useita alaspäin suuntautuvia sydän- ja kourajuuria (kuva 8)¹⁾. Luonnollisesti on näistä juuristotyypeistä epäselvempiä välimuotoja. Yleensä



Kuva 9. Syvemmällä tasapäiseksi käynyt lehtikuusen juuristo.
Abb. 9. Ein etwas tiefer plattgedrücktes Wurzelsystem der Lärche.

eivät nämä kuitenkaan ole olleet yleisiä. Yleisin tapaus on ollut se, että tyypillinen juuristo käy alempana, kovan maakerroksen tavatuaan, tasapäiseksi, muodostaen toisinaan yhteen kasvaneista juurista yhtenäisen ryhmän (kuva 9). Kun eri juuristotyypeihin kuuluneet lehtikuuset eroavat kokoonsa nähden toisistaan ainoastaan siten, että

¹⁾ Aivan samanlainen juuristomuoto on lehtikuusimetsän alueella myöskin männyllä samanlaisella maaperällä. Varsin tyypillisenä tavataan se m. m. kuviolla 93.

518 juurineen kaatuneella lehtikuusella laakajuuristomuotoon luettujen keskipuun suuruus on kuorineen 2.66 m^3 , sarvijuuristomuotoon luettujen 2.59 m^3 ja tyypilliseen juuristomuotoon 2.44 m^3 , voidaan näiden eri ryhmien juuriston mittasuhteita verrata keskenään. Tutkimalla nämä kaatuneet puut sekä 24 muuta lehtikuusta, joista juuriston muoto on voitu määrätä, on saatu taulukko 7, jossa juuriston laajuus tarkoittaa vaakasuoraa etäisyyttä juuriston ulkoreunasta vastakkaiseen reunaan, mitattuna siltä kohdalta, missä juuristo on keskinertaisen leveä.

Taulukko 7. *Eri juristotyyppiin kuuluvien lehtikuusten juriston laajuus.*

Tabelle 7. Die Grösse der verschiedenen Wurzelsysteme der Lärchen.

Juuristotyyppi Wurzelsystem	Puista kuuluu kpl. seuraaviin juuriston suurinta syvyyttä desimetreissä osottaviin luokkiin <i>Die Lärchen nach der maximalen Tiefe (dm) des Wurzelsystems</i>																				Juuriston keskisyys dm — Mittlere Tiefe des Wurzelsystems dm	Puista kuuluu kpl. seuraaviin juuriston suurinta laajuutta metreissä osot- taviin luokkiin <i>Die Lärchen nach der maxi- malen Breite (m) des Wurzelsystems</i>										Juuriston keskin. laa- jus m — Mittlere breite des Wurzelsystems m	Yhteensä kpl. Zusammen St.
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	25	2		3	4	5	6	7	8	9	10				
Laaka juuri — <i>Flachwurzel</i>	24	18	20	1	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.1	—	1	4	9	14	18	15	1	3	6.7	65		
Sarvijuuri — <i>Hornwurzel</i>	—	3	6	25	28	43	32	38	16	27	5	3	5	—	—	—	—	—	—	9.0	1	5	14	52	64	72	20	1	2	6.1	231		
Tyypill. juuri — <i>Typische Wurzel</i> . . .	—	—	—	1	3	4	3	20	35	55	32	30	38	6	6	5	3	4	1	13.0	3	24	71	56	58	26	7	1	—	5.0	246		

Samalla kuin näistä luvuista, samaten kuin eri juuristotyyppiä esittävistä kuvistakin käy selville, että lehtikuusen juuristo vastaa-
vaan rungon kokoon verraten on suhteellisen pieni, osottavat ne,
että laakajuuriston keskimääräinen syvyys on vain 4 dm, sarvi-
juuriston 9 dm ja tyyppillisen juuriston 13 dm. Viimemainitutkin mene-
vät näin ollen verrattain matalalle maahan.

Kutakin näistä juuristotyypeistä vastaa erilainen maalaji kasvu-
paikalla: laakajuuristoa kova savensekainen hieta, sarvijuuristoa
kuivana erittäin kiinteä ja halkeileva savi ja tyyppillistä juuristoa
yleensä löyhä kivetön hieta, jossa toisinaan on syvemmällä kovempia
maakerroksia. Näiden eri maalajien ominaisuuksien selvittämiseksi
on kutakin niistä edustavista kohdista otettu maanäytelieriöllä 1 dm³
suuruiset maanäytteet heti myrskytuhon sattumisen jälkeen sekä
määrätty niistä maan tilavuuspainot ja raesuuruudet. Tulokset ovat
olleet seuraavat:

	1 litran paino kg tuoreena ilmakeivana <i>1 dm³ wiegt kg in frischem lufttrockenem Zustand</i>		Maasta kuuluu seuraaviin mm vastaaviin raesuuruushuokkiin % <i>Die Korngrösse in % der Bodenproben</i>			
			1—0.2	0.2—0.02	0.02—0.002	< 0.002
Laakajuuristo — <i>Flachwurzel</i>	2.111	1.863	33.7	55.8	8.5	2.0
Sarvijuuristo — <i>Hornwurzel</i>	1.936	1.619	4.8	30.9	61.3	3.0
Tyypillinen juuristo — <i>Typische Wurzel</i>	1.341	1.170	17.7	79.9	1.3	1.1

Jos tyypillistä juuristoa vastaavan hiekan volymipaino merkitään 100:lla, suhtautuvat ilmakeivien näytteiden volymipainot toisiinsa = 159 : 139 : 100.

Edellämainitut juuristomuodot eivät esiinny yksinomaan määrättyllä metsätyypillä. Ryhmittämällä ne 518 juurineen kaatunutta lehtikuusta, joista tätä koskevia tutkimuksia on tehty eri metsätyypeille juuristomuotonsa mukaan, saadaan nim. taulukko (8), jossa kuutiomäärät vastaavat kuorellista puuta.

Taulukko 8. *Juurineen kaatuneet lehtikuuset metsä-*
Tabelle 8. *Die mit Wurzeln niedergefallenen Lärchen*

Osasto — <i>Abteilung</i>	FT ja OT							
	Laakajuur. <i>Flachwurzel</i>		Sarvijuur. <i>Hornwurzel</i>		Tyyp. juur. <i>Typische Wurzel</i>		Yhteensä <i>Zusammen</i>	
	kpl.	m ³	kpl.	m ³	kpl.	m ³	kpl.	m ³
I	—	—	—	—	20	51.73	20	51.73
II a	7	17.66	17	42.87	13	34.00	37	94.53
II b	9	26.81	70	216.87	48	129.02	127	372.70
II c	6	22.79	14	26.51	38	94.99	58	144.29
III	7	21.52	38	97.30	—	—	45	118.82
IV	3	5.16	25	46.62	—	—	28	51.78
V	2	2.60	2	8.69	9	20.84	13	32.13
VII	—	—	—	—	—	—	—	—
VIII	—	—	—	—	—	—	—	—
IX	—	—	—	—	—	—	—	—
Yhteensä — <i>Zusammen</i>	34	96.54	166	438.86	128	330.58	328	865.98
Yhteensä lehtikuusikoissa — <i>In den Lärchenbeständen zusammen</i> ..	34	96.54	166	438.86	128	330.58	328	865.98
Yhteensä lehtikuusisekametsissä — <i>In den Lärchenmischbeständen zusammen</i>	—	—	—	—	—	—	—	—
Osasto II — <i>Abteilung II</i>	22	67.26	101	286.25	99	258.01	222	611.52

FT ja OT:llä kasvaneista myrskyn kaatamista lehtikuusista on siten kuulunut 10.4 % puiden luvusta laakajuuristotyyppiin, 50.6 % sarvijuuristotyyppiin sekä 39.0 % tyypilliseen juuristotyyppiin.

OMT:n lehtikuusille ovat vastaavat luvut: 13.5 % laakajuuristo-tyypissä, 28.6 % sarvijuuristotyyppissä sekä 57.9 % tyyppillisen juuriston tyyppissä.

Eri juuristotyypeihin kuuluvista lehtikuusista saadaan seuraava yhdistelmä:

	Kappaleluku kpl Anzahl der mit Wur- zeln niedergefallenen Lärchen Stück	% % %	Kuutiomäärä kuorineen m ³ Kubikmasse mit Rinde Fm	% %
Laakajuuristo — <i>Flachwurzel</i> . .	60	11.5	159.25	12.2
Sarvijuuristo — <i>Hornwurzel</i> . . .	220	42.5	569.03	43.4
Tyyppillinen juuristo — <i>Typische Wurzel</i>	238	46.0	581.61	44.4
Yhteensä — <i>Zusammen</i>	518	100.0	1 309.89	100.0

tyypeittäin ja juuriston muodon mukaan ryhmitettyinä.
nach den Waldtypen und Wurzelsystemen gruppiert.

OMT								MT							
Laakajuur. <i>Flachwurzel</i>		Sarvijuur. <i>Hornwurzel</i>		Tyyp. juur. <i>Typische Wurzel</i>		Yhteensä <i>Zusammen</i>		Laakajuur. <i>Flachwurzel</i>		Sarvijuur. <i>Hornwurzel</i>		Tyyp. juur. <i>Typische Wurzel</i>		Yhteensä <i>Zusammen</i>	
kpl.	m ³	kpl.	m ³	kpl.	m ³	kpl.	m ³	kpl.	m ³	kpl.	m ³	kpl.	m ³	kpl.	m ³
14	39.45	4	8.62	30	56.83	48	104.90	—	—	—	—	—	—	—	—
3	6.62	13	41.76	32	86.57	48	134.95	—	—	—	—	—	—	—	—
5	9.61	8	19.10	20	48.54	33	77.25	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	2	9.78	14	39.12	16	48.90	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	13	24.07	—	—	13	24.07	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	4	7.99	6	11.61	10	19.60	1	2.38	—	—	2	2.91	3	5.29
2	3.08	—	—	1	1.24	3	4.32	—	—	—	—	—	—	—	—
1	1.57	9	17.49	4	3.31	14	22.37	—	—	—	—	1	0.90	1	0.90
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1.36	—	—	1	1.36
25	60.33	53	128.81	107	247.22	185	436.36	1	2.38	1	1.36	3	3.81	5	7.55
22	55.68	44	111.32	102	242.67	168	409.67	1	2.38	—	—	2	2.91	3	5.29
3	4.65	9	17.49	5	4.55	17	26.69	—	—	1	1.36	1	0.90	2	2.26
8	16.23	23	70.64	66	174.23	97	261.10	—	—	—	—	—	—	—	—

Jos eri juuristotyyppien lehtikuuset ryhmitetään metsätyypeittäin edellä käytettyihin suuruusluokkiin, saadaan seuraava taulukko (9).

Taulukko 9. *Juurineen kaatuneet lehtikuuset metsä-*
 Tabelle 9. *Die mit Wurzeln niedergefallenen Lärchen nach den*

Paksuusluokat sm 1.3 m. korkeudella <i>Diameterklassen cm in 1.3 m Höhe</i>	FT ja OT							
	Laakajuur. <i>Flachwurz</i>		Sarvijuur. <i>Hornwurz</i>		Tyyp. juur. <i>Typische Wurz</i>		Yhteensä <i>Zusammen</i>	
	kpl.	m ³	kpl.	m ³	kpl.	m ³	kpl.	m ³
12 —	—	—	5	1.93	10	5.13	15	7.06
28 —	13	21.21	65	103.71	46	75.84	124	200.76
44 —	16	48.24	79	250.21	63	209.62	158	508.07
60 +	5	27.09	17	83.01	9	39.99	31	150.09
Yhteensä — <i>Zusammen</i>	34	96.54	166	438.86	128	330.58	328	865.98

Nämä luvut osottavat m. m., että eri metsätyypeillä kaatuneiden lehtikuusten keskisuuruus on erilainen: FT ja OT:llä 2.64 m³, OMT:llä 2.36 m³ ja MT:llä 1.51 m³.

Tietojen puuttuessa siitä, kuinka paljon kuhunkin juuristotyyppiin kuuluvia lehtikuusia Raivolan lehtikuusimetsässä on kaikkiaan, on mahdotonta luotettavammin arvioida eri juuristotyyppihin kuuluvien lehtikuusien suhteellista alttiutta myrskytuhoille. Sitäpaitsi vaikeuttaisivat johtopäätöksen tekoa myöskin muut tuhojen suuruuteen vaikuttavat seikat, ennen kaikkea edellä mainitut maastosuhteet. Kun laaka- ja sarvijuuristotyyppihin kuuluvat lehtikuuset kasvavat yleensä osastojen laiteilla, esim. Lintulajoen itäpuolella olevien osastojen joenpuoleisilla rinteillä sekä notkelmien reunoilla, voidaan pitää varmana, että näistä juuristotyypeistä on tuhoutunut suhteellisesti enemmän puita kuin tyypillisestä juuristotyyppistä, jonka puut kasvavat pääasiassa osastojen keskiosissa ja siten enemmän suojassa. Eri juuristomuotojen kaadot ovatkin siten ryhmittyneet etupäässä yksin paikkoihin: laakajuuriston osaston I kovapohjaiselle länsiliepeelle, osaston II a kaakkoisosaan ja osaston III ja IV välillä olevalle saarekkeelle, sarvijuuriston osaston II a pohjois- ja kaakkoisosaan, II b pohjois- ja eteläosaan ja II c koillisosaan sekä tyypillisen juuriston I ja II harjanteiden länsipäihin (katso karttaa). Maan pienen koossapysyväisyyden takia niillä alueilla, joissa juuristo on päässyt kehittymään tyypilliseksi, ovat yleiset edellytykset myrskytuhoille niissäkin suuret. Maaperän pientä vastustuskykyä osottaa sekin, että puiden kaatuessa ja juuriston noustessa maasta, syntyneet kuopat juoksivat heti maata täyteen sekä se, että mänty, jolla tällaisissa oloissa on samanlainen juuriston muoto kuin lehtikuusella, on suhteellisen herkkä kaatumaan siinäkin tapauksessa, että se on tottunut väljempään tilaan.

tyypeittäin, juuristotyypeittäin ja suuruusluokittain.
 Waldtypen, Wurzelsystemen und Diameterklassen gruppiert.

OMT								MT							
Laakajuur. <i>Flachwurzel</i>		Sarvijuur. <i>Hornwurzel</i>		Tyyp. juur. <i>Typische Wurzel</i>		Yhteensä <i>Zusammen</i>		Laakajuur. <i>Flachwurzel</i>		Sarvijuur. <i>Hornwurzel</i>		Tyyp. juur. <i>Typische Wurzel</i>		Yhteensä <i>Zusammen</i>	
kpl.	m³	kpl.	m³	kpl.	m³	kpl.	m³	kpl.	m³	kpl.	m³	kpl.	m³	kpl.	m³
1	0.47	4	1.63	9	4.53	14	6.63	—	—	—	—	—	—	—	—
13	22.98	19	31.19	42	63.14	74	117.31	—	—	1	1.36	3	3.81	4	5.17
8	24.66	26	75.94	49	146.20	83	246.80	1	2.38	—	—	—	—	1	2.38
3	12.22	4	20.05	7	33.35	14	65.62	—	—	—	—	—	—	—	—
25	60.33	53	128.81	107	247.22	185	436.36	1	2.38	1	1.36	3	3.81	5	7.55

LEHTIKUUSIEN LAHOVIKAISUUS.

Epäilemättä on Raivolan lehtikuusimetsän nykyinen alttius myrskytuhoille johtunut myöskin lehtikuusten suuresta lahovikaisuudesta. Kaatuneilla lehtikuusilla on ollut juurissa lahoa niin runsaassa määrässä, että ainoastaan 24.1 % niiden luvusta on voitu lukea sellaisiksi, joilla on vallan terveet juuret. Kuten taulukko 10 osoittaa, on sellaisia lehtikuusia, joilla juurissa on lahoa, mutta runko on terve, ollut 13.3 % ja sellaisia, joilla sekä juurissa että rungossa on lahoa 62.6 %. Saman taulun mukaan esiintyy tämä lahovikaisuus eri metsätyypeillä siten, että täysin terveitä puuta on FT ja OT:llä ollut kaatuneista puista vain 20.4 % ja OMT:llä 28.6 %. Mustikka-tyypillä ovat kaikki kaatuneet lehtikuuset olleet terveitä. Eri suuruusluokista ovat taas pienimmät olleet suhteellisesti terveimpiä, aleten terveiden puiden osuus verrattain säännöllisesti puiden koon kasvaessa. Tämä eroavaisuus perustuu melkein yksinomaan sellaisten lehtikuusten jakautumiseen eri suuruusluokkiin, joilla on juurissa lahoa. Näitä on pienimmistä puista ainoastaan 3.4 % ja suurimmista 22.2 %.

Myrskyn kaatamien lehtikuusten lahovikaisuuden riippuvaisuutta puiden iästä osoittaa taulukko 11, joka käsittää 8 puuta enemmän kuin edelliset yhdistelmät. Siitä käy selville m. m., että vanhinta ikäluokkaa vastaavassa osastossa I on kaatuneista lehtikuusista ollut suhteellisesti suurempi osa terveitä kuin esim. osaston II b ja III puista, mutta että osastossa I puiden rungot ovat suhteellisesti yleisimmin lahoja.

kuusten lahovikaisuus eri paksuustuokissa.

Wurzeln niedergefallenen Lärchen nach Diameterklassen.

44 — cm				60 + cm				Yhteensä — Zusammen			
Puiden Stämme		% tämän suuruusluokan puiden In dieser Dia- meterklasse % von		Puiden Stämme		% tämän suuruusluokan puiden In dieser Dia- meterklasse % von		Puiden Stämme		% kaikkien puiden % von allen Bäumen	
luku — St.	kuutio- määrä m ³ Fm	luvusta der Anzahl der Bäume	kuutio- määrästä der Kubik- masse	luku — St.	kuutio- määrä m ³ Fm	luvusta der Anzahl der Bäume	kuutio- määrästä der Kubik- masse	luku — St.	kuutio- määrä m ³ Fm	luvusta der Anzahl der Bäume	kuutio- määrästä der Kubik- masse
28	96.21	17.7	18.9	5	22.25	16.1	14.8	67	172.38	20.4	19.9
24	76.72	15.2	15.1	9	44.15	29.0	29.4	50	149.97	15.3	17.3
106	335.14	67.1	66.0	17	83.69	54.9	55.8	211	543.63	64.3	62.8
158	508.07	100.0	100.0	31	150.09	100.0	100.0	328	865.98	100.0	100.0
29	93.61	34.9	37.9	2	10.79	14.3	16.5	53	133.33	28.6	30.6
9	26.50	10.9	10.8	1	3.69	7.1	5.6	19	43.83	10.3	10.0
45	126.69	54.2	51.3	11	51.14	78.6	77.9	113	259.20	61.1	59.4
83	246.80	100.0	100.0	14	65.62	100.0	100.0	185	436.36	100.0	100.0
1	2.38	100.0	—	—	—	—	—	5	7.55	100.0	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1	2.38	100.0	—	—	—	—	—	5	7.55	100.0	—
58	192.20	24.0	25.4	7	33.04	15.6	15.3	125	313.26	24.1	23.9
33	103.22	13.6	13.6	10	47.84	22.2	22.2	69	193.80	13.3	14.8
151	461.83	62.4	61.0	28	134.83	62.2	62.5	324	802.83	62.6	61.3
242	757.25	100.0	100.0	45	215.71	100.0	100.0	518	1 309.89	100.0	100.0

Taulukko 11. *Juurineen kaatuneiden lehtikuusten lahovikaisuus eri paksuusluokissa.*Tabelle 11. *Die Fäulnisbeschädigungen an den mit den Wurzeln niedergefallenen Lärchen nach Abteilungen.*

Osasto — Abteilung	Juuret ja runko terveet Wurzeln und Stämme gesund		Juurissa lahoa, runko terve Wurzeln faul, Stämme gesund		Juurissa ja tyvessä lahoa Wurzeln und Wurzelhalse faul		Juurissa ja rungossa lahoa Wurzeln und Stämme faul		Yhteensä puita kpl. Zusammen Bäume St.
	Puita — Bäume		Puita — Bäume		Puita — Bäume		Puita — Bäume		
	kpl. St.	% osaston puiden luvusta % von der Anzahl der Lärchen in der Abtei- lung	kpl. St.	% osaston puiden luvusta % von der Anzahl der Lärchen in der Abtei- lung	kpl. St.	% osaston puiden luvusta % von der Anzahl der Lärchen in der Abtei- lung	kpl. St.	% osaston puiden luvusta % von der Anzahl der Lärchen in der Abtei- lung	
I	16	22.5	2	2.8	6	8.5	47	66.2	71
II a	30	35.3	5	5.9	7	8.2	43	50.6	85
II b	24	15.0	18	11.3	28	17.5	90	56.2	160
II c	30	40.5	13	17.6	7	9.5	24	32.4	74
III	3	6.3	14	29.2	4	8.3	27	56.2	48
IV	8	19.5	6	14.7	11	26.8	16	39.0	41
V	12	42.9	5	17.8	—	—	11	39.3	28
VII	3	—	—	—	—	—	—	—	3
VIII	7	46.7	6	40.0	1	6.7	1	6.6	15
IX	1	—	—	—	—	—	—	—	1
Yht. — Zusamm.	134	25.4	69	13.1	64	12.2	259	49.3	526

Eri juuristotyyppeihin kuuluvista lehtikuusista on suhteellisesti terveimmät juuret ja myöskin rungot niillä, joilla juuristo on päässyt kehittymään tyypilliseksi. Tämä käy yksityiskohtaisemmin selville taulukosta 12, joka myöskin osottaa, että yleisimmin on lahoa rungossa sarvijuuristolla varustetuissa puissa.

Laakajuuristoon kuuluvilla puilla menee runkolaho suhteellisesti korkeimmalle tyvestä lukien, kuten seuraavat luvut osottavat (vert. taulukko 14):

laakajuuristoon kuuluv. kaikkia puita on tyvetty haloiksi kesk. 0.68 m	
sarvijuuristoon » » » » » » » » » »	0.65 »
tyypill. juurist. » » » » » » » » » »	0.46 »

Murtuneet lehtikuuset ovat olleet suhteellisesti vieläkin lahovikaisempia kuin juurineen kaatuneet. Taulukko 13 mukaan on nim. tällä tavalla tuhoutuneiden lehtikuusten rungoissa ollut lahoa 78.8 %:ssa. Kun laho on esiintynyt aina murtumakohdassa, käsittää helposti, että rungoissa oleva erittäinkin pitemmälle kehittynyt sydänlaho alentaa varsin tuntuvasti lehtikuusten runkojen kestävyyttä

Taulukko 12. Juurineen kaatuneiden lehtikuusten lahovikaisuus eri juuristotyyppin mukaan.

Tabelle 12. Die Fäulnisbeschädigungen an den mit den Wurzeln niedergefallenen Lärchen nach den verschiedenen Wurzelsystemen.

Juuristotyyppi Wurzelsystem	Puiden lahovikaisuus Fäulnisbeschädigungen	Puiden — Stämme		% kaikkien puiden % von der	
		luku Stück	kuutio- määrä kuorineen m ³ Fm mit Rinde	luvusta Anzahl	kuutio- määrästä Kubik- masse
Laakajuuri Flachwurzel	Juuret ja runko terveet — Wurzeln und Stämme gesund	15	31.48	25.0	19.8
	Juuret lahot, runko terve — Wurzeln faul, Stämme gesund	12	34.66	20.0	21.7
	Juuret lahot, runko laho — Wurzeln und Stämme faul	33	93.11	55.0	58.5
	Yhteensä — Zusammen	60	159.25	100.0	100.0
Sarvijuuri Hornwurzel	Juuret ja runko terveet — Wurzeln und Stämme gesund	27	55.27	12.4	9.7
	Juuret lahot, runko terve — Wurzeln faul, Stämme gesund	45	123.00	20.3	21.6
	Juuret lahot, runko laho — Wurzeln und Stämme faul	148	390.76	67.3	68.7
	Yhteensä — Zusammen	220	569.03	100.0	100.0
Tyypillinen juuri Typische Wurzel	Juuret ja runko terveet — Wurzeln und Stämme gesund	83	226.51	34.9	39.0
	Juuret lahot, runko terve — Wurzeln faul, Stämme gesund	12	36.14	5.0	6.2
	Juuret lahot, runko laho — Wurzeln und Stämme faul	143	318.96	60.1	54.8
	Yhteensä — Zusammen	238	581.61	100.0	100.0

myrskyssä. Myöskin juuristo on murtuneilla puilla hyvin lahoa, sillä rungoissa tavattava laho on niissä juurista tulevaa »maannousemalahoa». Otaksuttavaa on, että kaikkien muidenkaan juuret eivät ole terveet.

Myöskin nojalleen jääneet lehtikuuset ovat pienuudestaan huolimatta olleet suhteellisesti suuressa määrässä lahon turmelemia; rungossa on niissä ollut lahon aikaansaamia vikoja 52.8 %:ssa puiden luvusta.

Taulukko 13. *Murtuneiden lehtikuusten rungon lahovikaisuus osastoittain.*Tabelle 13. *Die Fäulnisbeschädigung des Stammes der gebrochenen Lärchen nach Abteilungen.*

Osasto — Abteilung	Runko terve Stamm gesund		Runko laho Stamm faul		Murtuneita puita yhteensä kpl. Gebrochene Stämme zusammen
	Puiden luku Anzahl der Stämme	% osaston murtuneista puista % von den Stämmen in der Abteilung	Puiden luku Anzahl der Stämme	% osaston murtuneista puista % von den Stämmen in der Abteilung	
I	2	18.2	9	81.8	11
II a	2	14.3	12	85.7	14
II b	2	25.0	6	75.0	8
II c	—	—	2	100.0	2
III	2	18.2	9	81.8	11
IV	2	100.0	—	—	2
V	1	25.0	3	75.0	4
Yhteensä — Zusammen	11	21.2	41	78.8	52

Taulukko 14. *Juurineen kaatuneiden lehtikuusten rungon lahovikaisuus juuristotyypeittäin ja suuruusluokittain.*Tabelle 14. *Die Fäulnisbeschädigungen der mit den Wurzeln niedergefallenen Lärchen nach Wurzelsystemen und Diameterklassen.*

Juuristo-tyyppi ja suuruus- luokat Wurzelsystem und Diameter- klassen	Puita kaikkiaan Bäume insgesamt		Haloiksi työtetty Wegen der Fäulnisbeschädigung zu Brennholz benutzt				
	kpl. St.	m³ Fm	pituus metriä Länge m	m³ Fm	keskimäärin puuta kohti — im Mittel pro Stamm		% puiden kuutiomäärästä % von der Kubikmasse
					pituus metriä Länge m	m³ Fm	
<i>Laakajuuristo — Flachwurzel</i>							
12 — cm	1	0.47	—	—	—	—	—
28 — »	26	44.19	8.0	0.97	0.31	0.04	2.20
44 — »	25	75.28	23.7	4.73	0.95	0.19	6.28
60 — »	8	39.31	8.9	2.96	1.11	0.37	7.53
Yhteensä — Zusammen	60	159.25	40.6	8.66	0.68	0.14	5.44
<i>Sarvijuuristo — Hornwurzel</i>							
12 — cm	9	3.56	25.7	0.56	2.86	0.06	15.73
28 — »	85	136.26	49.7	6.32	0.58	0.07	4.64
44 — »	105	326.15	92.1	13.45	0.88	0.13	4.12
60 — »	21	103.06	14.3	4.77	0.68	0.23	4.63
Yhteensä — Zusammen	220	569.03	181.8	25.10	0.83	0.11	4.41

Juuristo-tyyppi ja suuruus- luokat Wurzelsystem und Diameter- klassen	Puita kaikkiaan Bäume insgesamt		Haloiksi työtetty Wegen der Fällnisbeschädigung zu Brennholz benutzt				
	kpl. St.	m ³ Fm	pituus metriä Länge m	m ³ Fm	keskimäärin puuta kohti — im Mittel pro Stamm		% puiden kuutonmäärästä % von der Kubikmasse
					pituus metriä Länge m	m ³ Fm	
<i>Tyypillinen juuristo — Ty- pische Wurzel</i>							
12 — cm.....	19	9.66	13.4	0.52	0.71	0.03	5.38
28 — »	91	142.79	54.3	5.81	0.60	0.06	4.07
44 — »	112	355.82	38.3	8.91	0.34	0.08	2.50
60 — »	16	73.34	3.5	1.24	0.22	0.08	1.69
Yhteensä — Zusammen	238	581.61	109.5	16.48	0.46	0.07	2.83
<i>Kaikkiaan — Insgesamt</i>							
12 — cm.....	29	13.69	39.1	1.08	1.35	0.04	7.89
28 — »	202	323.24	112.0	13.10	0.55	0.06	4.05
44 — »	242	757.25	154.1	27.09	0.64	0.11	3.58
60 — »	45	215.71	26.7	8.97	0.59	0.20	4.16
Yhteensä — Zusammen	518	1 309.89	331.9	50.24	0.64	0.10	3.84

MYRSKYN TUHOAMISSA LEHTIKUUSISSA TAVATTAVAT LAHOT JA NIIDEN AIKAANSAAMA VAHINKO.

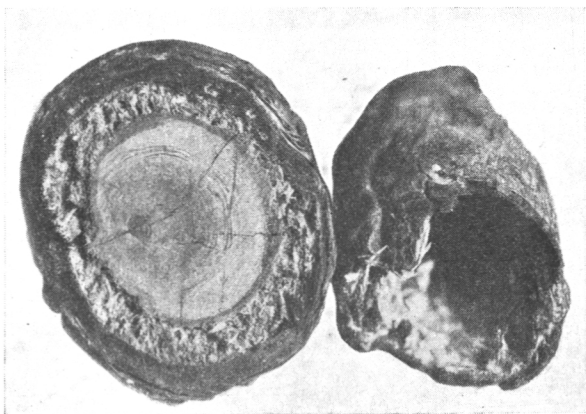
Ne sienet, jotka Raivolan lehtikuusimetsässä on tavattu kysymyksessä olevan myrskyn tuhoamissa lehtikuusissa lahovikoja aiheuttavina, voidaan esiintymistapansa mukaan ryhmittää kahteen luokkaan: juuristoa ja runkoa hävittäviin sekä ainoastaan rungoissa tavattuihin.

LEHTIKUUSEN JUURISSA JA RUNGOSSA TAVATUT LAHOT.

Ne sienet, jotka ovat aiheuttaneet lahomuodostusta niinhyvin lehtikuusen juuriin kuin runkoihin ovat *Polystictus Schweinitzii* ja *Fomitopsis annosa*. Muita sieniä ei tällaisten lahojen yhteydessä ole voitu todeta. Niiden olemassaolo ei kuitenkaan ole mahdoton, sillä mitään sieniviljelyksiä ei tämän tutkimuksen yhteydessä ole tehty, ja molempienkin edellämainittujen sienien aiheuttamina pidettyjen lahojen rakenne on erinäisissä tapauksissa ollut verrattain vaihteleva.

Lehtikuusen juurissa aikaansaa *Polystictus Schweinitzii* sydänlahoa, *Fomitopsis annosa* pintalahoa, rungossa on molempien laho sydänlahoa, n. s. maannousema. Näiden sienien esiintymisestä ja niiden aiheuttamista lahoista tehdään yksityiskohtaisemmin selkoa seuraavassa.

Fomitopsis annosa. Tämän sienen itiöemiä on Raivolan lehtikuusimetsässä tavattu verrattain harvoin siihen nähden, että sieni on siellä yleisin sienituhon aiheuttaja. Puun juurilla, joissa laho lehtikuusellakin saa alkunsa, aikaansaa sieni pintalahoa, hyvin usein niin, että juuren sydänpuun ja kuoren välinen pintaosa lahoaa rengasmaisesti (kuva 10). Tästä aiheutuu se, että puiden kaatuessa maasta irtautuu vain vahvimpien juurien sydänosa, heikoimpien juurien sekä valtajuurien kuoren jäädessä maahan, jälkimäisten



Kuva 10. *Fomitopsis annosa*n lahottama lehtikuusen juuri. Vasemmalla poikkileikkaus juuresta, jossa sydänpuun ja kuoren väli on lahoa, oikealla kuorituppi, josta juuren sydänosa on vedetty pois.

Abb. 10. Von *Fomitopsis annosa* angegriffene Wurzelstücke der Lärche. Links Querschnitt einer Wurzel, wo das Splintholz ganz angefault ist, rechts eine Rindentuppi, woraus man das Kernholz weggenommen hat.

tuppimaisina suojuksina (kuva 10 ja 11). Juurissa ei laho seuraa tarkoin vuosilustoja vaan syöpyy erinäisissä kohdissa huomattavasti syvemmälle kuin toisissa.

Rungossa on laho useimmiten verrattain jyrkkäreunaista sydänlahoa, joka useasti rungon poikkileikkauksessa seurottelee samaa vuosilustoa pitkät matkat. Toisinaan on se verrattain kapealla alalla esiintyvää rengaslahoa, jonka ulkoreuna on

tumman violetti. Pintaan käsinkin tekee laho hyvin usein tasapohjaisia 1—2 sm syviä lahdekkeita. Toisinaan tapaa lahoa puun tyven poikkileikkauksessa vain pienenä silmäkkeenä lahon juuren kohdalla. Tällaista vaihtelevaa esiintymistapaa osottaa myöskin kuva 12. Joskus se on rungossakin pintalahona, jolloin se kuitenkin ei nouse puussa läheskään niin korkealle kuin rengas- tai varsinaisena sydänlahona esiintyessään.

Lahotessaan muuttuu lehtikuusen puu niinhyvin juurissa kuin rungossa vaaleankirjavaksi, johtuen siihen ilmestyvistä täplistä. Ainakin myöhemmällä kehitystasolla ovat nämä laikut sienihuvaston muodostamia nahkamaisia täpliä, jotka kosteina ollessaan ovat usein kiiltäviä. Syntyvät ontelot, joissa tämä huvasto esiintyy,

ovat säteen suuntaisia, vaakasuorassa suunnassa litistyneitä ja pystysuorassa suunnassa pitkähköjä. Näistä onteloista johtuu, että puu lahon myöhemmällä kehitysteella murtuu karkeihin ja usein ryhmyisiin, n. 3—4 mm leveihin kuituihin (kuva 13). Kun näitä onteloita on suhteellisesti eniten vuosilustojen jamaassa, aiheutuu tästä, että lahoava puu usein hálkelee vuosilustojen mukaisiin liistoihin tai paksumpiin paloihin, joista puun sisäosa voi irtautua hylsymäisesti (kuva 14). Loppuassteellaan on lahonnut puu märkänä pehmeätä ja kuitumaisuutensa takia sit-



Kuva 12. *Fomitopsis annosa*n aiheuttamaa lahoa lehtikuusen rungossa. Laho esiintyy sydänlahona, rengaslahona ja silmäkkeinä.

Abb. 12. Querschnitt eines von *Fomitopsis annosa* angegriffenen Lärchenstammes. Die Fäule tritt als typische Kernfäule, Ringfäule und Fleckenfäule auf.



Kuva 15. *Polystictus Schweinitzii*n itiöemiä maassa.

Abb. 15. Fruchtkörper von *Polystictus Schweinitzii* auf dem Boden.

keää, väriltään vaaleaa ja useimmiten mustia huovastotäpliä sisältävää. Erittäinkin tällä asteella on se hyvin samanlaista kuin saman sienen lahottama kuusi-puu. Tästä syystä soveltuukin tämän sienen aiheuttaman lahon nimeksi Pohjois-Suomessa käytetty »syinen maannousema». ¹⁾

Syisenä maannousemana ontässä

¹⁾ Vert. O. HEIKINHEIMO, Suomen lumituhoalueet ja niiden metsät. Metsätieteellisen koelaitoksen julkaisuja 3, 1920.

pidetty myöskin lehtikuudessa tavattua kuivaluontoisempaa ja hienosyisempää maannousemalahoa. Hyvin todennäköistä on, että tämä laho on kysymyksessä olevan sienen määrättyissä olosuhteissa, ohutlustoissa puissa, aikaansaama muoto.

Polystictus Schweinitzii. Tämän sienen suuria ruskeita itiöemiä tapaa Raivolan lehtikuusimetsässä hyvin lukuisasti. Ne kasva-



Kuva 16. *Polystictus Schweinitzii*in itiöemiä lehtikuusen kannossa.

Abb. 16. Fruchtkörper von *Polystictus Schweinitzii* auf dem Stock einer gebrochenen Lärche.

vat joko maassa taikka lehtikuusen lahoilla tyviosilla. Edellisessäkin tapauksessa ovat ne useimmiten yhteydessä maahan pudonneiden lehtikuusen puunkappaleiden tai oksien kanssa. Välistä ei tätä yhteyttä enää voitu todeta. Maassa kasvaessaan muodostuvat nämä tavallisimmin harvayksilöisissä ryhmissä esiintyvät itiöemät hyvin säännöllisiksi alaspäin kape-neviksi suppiloiksi (kuva 15), jotavastoin ne puiden rungoilla kehittyvät toispuolisiksi \pm kääpämäisiksi (kuva 16).

Juurissa esiintyy tämän sienen aiheuttama laho useimmiten paksuimmissa ja syvälle menevissä. Useimmiten on se niissä tyypillistä sydänlahoa, joskus kuitenkin pinnallakin esiintyvää. Kasvavan puun rungossa on se juurenniskasta ylöspäin kohoavaa sydänlahoa, maannousemaa, jonka väri alkuasteilla on vaaleaa, ehkä jonkun verran vaaleampaakin kuin terveeseen puun. Myöhemmin muuttuu laho ruskeaksi, lopulta tum-

mamuskeaksi. Lahon ja terveen puun raja on epäsäännöllinen, ei vuosilustoja seuraava (kuvat 17 ja 23). Toisinaan on laho myös verrattain sivussa ja joskus myös erillään toisistaan olevina laikkuina (poikkileikkauksessa). Jo ollessaan verrattain vaaleaa murtuu lahonnut puu suorakulmisiin särmiöihin, joiden ulkosivut kulkevat pitkin vuosilustoja. Myöhemmin erottuu lahonnut sydänpuu lieiö-

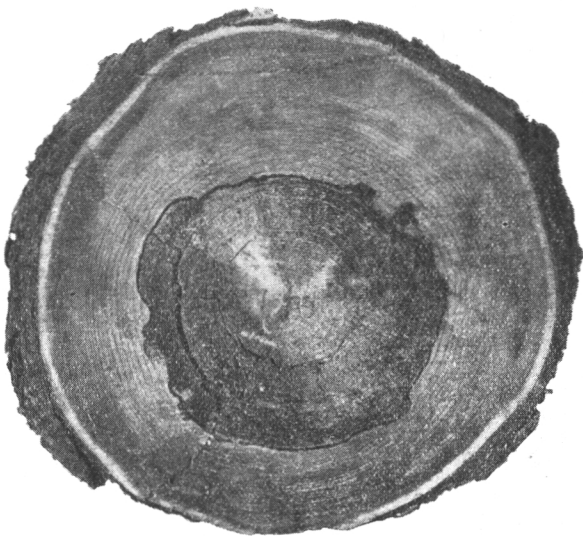
mäisenä kappaleena, jossa hiilimäinen halkeilutapa sekä erittäin-kin vuosilustojen välissä kulkeva verkkomainen valkea sienihuvasto tulee yhä selvemmin näkyviin (kuva 18). Loppuasteella, useimmiten tyvestä halenneissa puissa tai myrskyn murtamien puiden tyngissä, esiintyy laho vallan hiilimäiseksi murskaksi hajonneena, ja puun sisus muodostuu lopuksi ontoksi. Tästä syystä soveltuukin sille nimi »lehtikuusen hiililaho».

Tämä laho esiintyy hyvin usein myöskin sydänhalkeaman yhteydessä. Halkeamaa myöten leviää sieni nähtävästi hyvinkin nopeasti. Melkein laho-

mattomassa puussa olevassa sydänhalkeamassa huomaa paljainkin silmin sienihuvastoa. Toisinaan on tämän lahon jatkona violetin väristä puuta, joka poikkileikkauksessa on useasti tähtimäinen. Tämä laho puu on verrattain kovaa.

Kun edellämäinittu hiililaho suuressa määrässä muistuttaa *Bjerkandera borealisen* aikaansamaa lahoa, voisi olla mahdollista, että myöskin tämä sieni esiintyisi Raivolan

lehtikuusissa. Tämä ei kuitenkaan ole varsin luultavaa, koska sienien itiöemiä ei ole tavattu lehtikuusien, mutta kyllä kotimaisten kuusien yhteydessä tässä kokeilualueessa.



Kuva 17. *Polystictus Schweinitzii* lahottamaa lehtikuusen runkoa. Lahon laide epäsäännöllinen.
Abb. 17. Von *Polystictus Schweinitzii* angegriffener Lärchenstamm. Die äussere Grenze der Fäule ist unregelmässig.

LEHTIKUUSEN RUNGOSSA TAVATUT LAHOT.

Yksistään rungoissa esiintyvistä lehtikuusen lahosienistä on yleisin ja tuhoisin Raivolan lehtikuusimetsässä

Trametes pini. Tämän sienien itiöemiä on myrskyn tuhoamissa lehtikuusissa tavattu neljässä puussa. Kuten kuvasta 19 näkyy, sijaitsevat itiöemät säännöllisissä tapauksissa samaan tapaan kuin

männyllä oksien hangoissa, suurimmaksi osaksi oksien alapuolella. Suurimpien kääpien läpimitta on ollut 25 sm.

Laho on puun sisässä esiintyvää sydänlahoa. Vähemmän kehittyneellä asteella huomataan säteen suuntaisessa leikkauksessa ruskeassa melkein muuttumattomassa puuaineessa valkeita, n. 1.5—3 mm laajuisia pyöreähköjä täpliä. Ne ovat vaalienneiden puusyiden täyttämiä onteloita (kuva 20). Sydänpuussa esiintyvät ne yleensä kevätpuussa, taajalustoisessa pintapuussa lävistävät ne sitävästoin myös ohuen syyspuun. Tangentin suuntaisessa leikkauksessa ovat ontelot vain noin 0.5—1 mm leveitä puun pituussuunnassa kulkevia rakoja. Rungon poikkileikkauksessa nähdään hyvin pieniä säteen suunnassa jonkun verran litistyneitä täpliä. Tällä asteella on puu vielä sangen lujaa.



Kuva 19. *Trametes pinicola* itiöemiä lehtikuusessa.
Abb. 19. Eine Lärche mit Fruchtkörpern von *Trametes pini*.

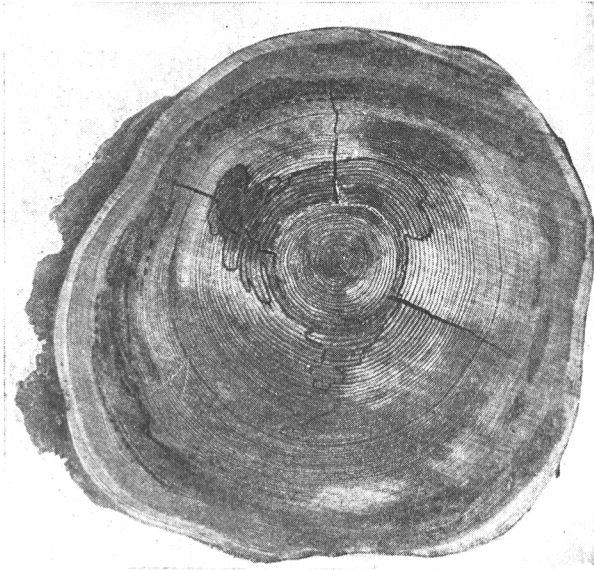
Pitemmälle kehittyneessä lahossa, jota jo voi helposti käsin murtaa, ja jonka rakenne on jonkun verran kuituista, ottavat mainitut valkoiset laikut suurimman osan tilasta. Säteensuuntaisessa leikkauksessa ympäröi peruspuu näitä keskimäärin n. 4 mm pitkiä ja 2—3 mm leveitä laikkuja vain n. $\frac{1}{2}$ mm levyisinä seinäminä (kuva 20). Tangentin suuntaisessa leikkauksessa ovat ontelot tällöinkin kapeita rakosia, joiden muoto kohtisuorassakin poikkileikkauksessa on litteä. Tiheälustoisessa pintapuussa on täplillä jotakuinkin sama koko kuin sydänpuussa, joten ne edellisessä eivät, kuten jälkimmäisessä on asianlaita, voi rajoittua vuosilustoihin.

Fomitopsis pinicola esiintyy Raivolan lehtikuusissakin vain kuolleissa lehtikuusissa, tavallisimmin murtuneiden puiden kannoissa. Näissä muodostaa se myöskin itiöemiä.

Laho on tyyppillistä pintalahoa, jonka rakenne on pääasiassa samanlaista kuin männyllä ja kuusella; puun laho pinta on epätasaista ja aaltoilevaa sekä myöhemmin helposti murenevaa.

Haavalaho. Erittäinkin rungon yläosissa tavataan Raivolan lehtikuusissa väliin varsinkin puiden hankautumisesta toisiaan vas-

taan aiheutuneita haavoja ja niitä ympäröiviä eri asteilla olevia palvimuodostuksia. Näihin liittyy useasti rungossa esiintyviä lahoja, joista toiset ovat sydän- toiset pintalahoja. Näitä lahoja, joiden yhteydessä ei ole itiöemiä tavattu, ei vielä ole yksityiskohtaisemmin selvitelty. Kuva 22 osoittaa tällaista tyypillistä pintalahoja, jossa kuitenkin ulommainen terve pintaosa puuta ympäröi lahoa rengasmaisesti. Lahonnut puu on erittäin selvästi kuituista.



Kuva 23. *Polystictus Schweinitzii* ja *Fomitopsis annosus* esiintyminen samassa lehtikuusessa. Edellinen on tyypillinen sydänlaho, jälkimäinen on rengaslahona ja silmäkkeinä. Kiekko on $\frac{1}{2}$ m korkeudelta maasta.

Abb. 23. Von *Polystictus Schweinitzii* und *Fomitopsis annosa* angegriffenes Lärchenholz. Die Fäule jenes eine Kernfäule, dieses eine Ring- und Fleckenfäule. Der Querschnitt ist aus einer Höhe von $\frac{1}{2}$ m.

Lehtikuusen syöpälahoa, *Dasyscypha Willkommii*, ei Raivolan lehtikuusimetsässä ole tavattu. Suomessa on sen tuhoja huomattukin vain Dragsfjärdissä ja silloinkin europalaisella lehtikuusella.¹⁾

Edellämainitut lehtikuusella tavatut sienet esiintyvät luonnollisesti myöskin yhtäaikaan samassa puussa. Tällä tavalla esiintyvät

¹⁾ TORSTEN RANCKEN, Lärkträdskräftan (*Dasyscypha Willkommii*) i Finland. Forstlig tidskrift, 1925, s. 91.

hyvin usein erittäinkin *Polystictus Schweinitzii* ja *Fomitopsis annosa* siitä huolimatta, että niiden esiintymistapa on melkein samanlainen. Tällaisia tapauksia esittävät kuvat 23 ja 24. Edellisestä käy m. m. selville, että edellisen sienen aikaansaama laho on tyypillisempi sydänlaho kuin jälkimäisen. Kuvan 24 osottamassa tapauksessa on *Polystictus Schweinitzii* lahottanut lehtikuusen rungon tyven sydänosan hyvin perusteellisesti. *Fomitopsis annosa* sitävastoin esiintyy vain juurilla, joilla tavataan myöskin tämän sienen itiöemiä.

ERI LAHOLAJIEN YLEISYYS JA NIIDEN AIHEUTTAMA TUHO.

Eri laholajien suhteellisesta yleisyydestä Raivolan lehtikuusimetsässä saadaan jotakuinkin luotettava yleiskuva, jos kaikki ne myrskyn tuhoamat lehtikuuset, joissa on ollut lahovikoja rungon jossakin osassa, ryhmitetään lahon aiheuttajan mukaan luokkiin. Näin on laadittu taulukko 15, jossa tulokset nähdään myöskin osastoittain. *Fomitopsis annosa* on tämän mukaan aivan ehdottomasti yleisin tuhosieni lehtikuusissa. Se on nim. aikaansaanut lahoa 81

Taulukko 15. *Eri sienilajien yleisyys lehtikuusissa.*

Tabelle 15. *Das Vorkommen der verschiedenen Pilze auf den Lärchen.*

Osasto — Abteilung	Niistä puista, joissa sienituhoa on huomattu, on sen aiheuttanut <i>An den mit fäulebeschädigten Stämmen versehenen Bäumen ist die Beschädigung verursacht von</i>										Yhteensä tällaisia putia kpl. <i>Solche Bäume zusammen St.</i>	Myrskyn tuhoamien putien luku osastoissa kpl. — Anzahl der vom Sturm beschädigten Lärchen in den Abteilungen	Kaikista myrskyn tuhoamista puista on rungossa olevan lahon aiheuttanut <i>An allen vom Sturm beschädigten Bäumen ist die am Stamm vorkommende Pilzbeschädigung verursacht von</i>							
	Fomitopsis annosa		Fomit. annosa + Polyst. Schweinitzii		Polyst. Schweinitzii		Trame-tes pini		Haava-laho Wund-fäule				Fomitopsis annosa	Fomitopsis annosa + Polyst. Schweinitzii	Polyst. Schweinitzii	Trame-tes pini	Haavalaho Wundfäule	Yhteensä Zusammen		
	kpl. St.	%	kpl. St.	%	kpl. St.	%	kpl. St.	%	kpl. St.	%									%	
I.....	51	85.0	5	8.3	4	6.7	—	—	—	—	60	88	58.0	5.7	4.5	—	—	68.2		
II a.....	52	81.2	3	4.7	9	14.1	—	—	—	—	64	111	46.9	2.7	8.1	—	—	57.7		
II b.....	66	68.1	19	19.6	10	10.3	1	1.0	1	1.0	97	170	38.8	11.2	5.9	0.6	0.6	57.1		
II c.....	13	46.4	11	39.3	4	14.3	—	—	—	—	28	78	16.7	14.1	5.1	—	—	35.9		
III.....	10	25.6	3	7.7	26	66.7	—	—	—	—	39	67	14.9	4.5	38.8	—	—	58.2		
IV.....	12	75.0	3	18.8	1	6.2	—	—	—	—	16	47	25.5	6.4	2.1	—	—	34.0		
V.....	10	71.4	—	—	2	14.3	1	7.1	1	7.2	14	34	29.4	—	5.9	2.9	3.0	41.2		
VII.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—	—	—	—	—	0.0		
VIII.....	1	100.0	—	—	—	—	—	—	—	—	1	15	6.7	—	—	—	—	6.7		
IX.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	0.0		
Osastojen ulkopuo- lella — Ausserhalb der Abteilungen ..	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	20	—	—	—	—	—	0.0		
Yht.—Zusamm.	215	67.4	44	13.8	56	17.6	2	0.6	2	0.6	319	634	33.9	6.9	8.9	0.3	0.3	50.3		

%:ssa niistä lehtikuusirungoista, joissa lahoa on tavattu ja 41 %:ssa kaikkien myrskyn vahingoittamien lehtikuusten rungoista. Tätä lähinnä on *Polystictus Schweinitzii*, jonka vastaavat luvut ovat 31 ja 16 %. Kaikilla myrskyn tuhoamilla lehtikuusilla on näitä sienivikoja kuitenkin vieläkin yleisemmin, sillä niillä 13 %:lla kaikista lehtikuusista, joilla on lahoa juurissa, mutta ei rungossa, on lahojen aiheuttajina nämät sienet. Näihin verraten on muilla tuhosisenillä varsin toisarvoinen merkitys.

Taulukosta 15 käy myöskin selville, että edellämainitut tuhosienet esiintyvät lehtikuusimetsän eri osissa eri suhteissa. Niin on *Polystictus Schweinitzii* keskimäärää paljon yleisempi osastossa III, jossa sen aikaansaamaa lahoa on huomattu 74 %:ssa kaikkien lahorunkoisten lehtikuusten luvusta.

Myöskin myrskyn eri tavoilla vahingoittamissa lehtikuusissa esiintyvät mainitut sienet eri suhteissa eli siten, että myrskyn murta-
missa rungoissa on suhteellisesti paljon useammin *Polystictus Schweinitzii* kuin juurineen kaatuneissa. Tätä osottavat seuraavat luvut:

	Juurineen kaatuneet	Murtuneet	Nojalleen jääneet
<i>Fomitopsis annosa</i>	72.6 %	29.3 %	79.0 %
<i>Polystictus Schweinitzii</i>	13.1 »	19.5 »	10.5 »
Molemmat yhdessä	13.1 »	48.8 »	10.5 »

Eri laholajien aikaansaaman taloudellisen vahingon suuruudesta voi saada käsityksen tarkastamalla näiden lahojen takia ainoastaan haloiksi tai muuksi vähäarvoisemmaksi puutavaralajiksi käytettävän rungon osan suuruutta. Tätä kutsutaan seuraavassa »tyvetyksi osaksi». Tätä osottaa seuraava yhdistelmä:

	Juurineen kaatuneet <i>Mit den Wurzeln niederge- fallen</i>	Murtuneet <i>Gebrochen</i>	Nojalleen jääneet <i>Halbnieder- gefallen</i>	Kaikkiaan <i>Zusammen</i>
	Tyvetty puuta kohti keskimäärin m ³ kuorineen <i>Weggenommen wegen der Fäule pro Stamm Fm.</i>			
<i>Fomitopsis annosa</i>	0.45	0.55	0.29	0.46
<i>Polystictus Schweinitzii</i>	0.56	1.06	0.37	0.73
Molemmat edellämainitut	0.67	1.02	2.40	0.81
<i>Beide vorhergenannten</i>				
<i>Trametes pini</i>	1.31	0.43	—	0.87
Haavalaho — <i>Wundfäule</i>	0.04	—	—	0.04
Keskimäärin— <i>Im Durchschnitt</i>	0.50	0.88	0.53	0.56

Nämä luvut osottavat, että *Polystictus Schweinitzii*in aikaansaama vahinko on suhteellisesti suurempi kuin *Fomitopsis annos*an sekä että murtuneista lehtikuusista on täytynyt käyttää ala-arvoisemmaksi puutavaraksi tuntuvasti enemmän puuta kuin juurineen kaatuneista, mikä onkin varsin luonnollista. Kun niiden juurineen kaatuneiden lehtikuusten keskikuutio, joissa on ensinmainitun sienen laho yksin, on kuorineen 2.35 m³, niiden, joissa on viimeainittu 2.88 m³ sekä niiden, joissa molemmat sienet esiintyvät yhdessä 2.99 m³, tekevät näitä vastaavat keskimääräiset tyveykset näistä kuutiomääristä 19, 19 ja 22 %. Kaikissa lahorunkoisissa juurineen kaatuneissa lehtikuusissa on lahojen takia täten tyvetty keskimäärin 20 %. Eri puutavaralajien ja kannon osalle jakautuu tämä tyvetty määrä seuraavalla tavalla:

	Kanto <i>Der Stock</i> %	Haloiksi <i>Brennholz</i> %	Rata- pölkkyksi <i>Eisen- bahnschwe- len</i> %	Yhteensä <i>Zusammen</i> m ³
Juurineen kaatuneet — <i>Mit den Wurzeln niedergefallen</i>	21.0	39.9	39.1	129.64
Murtuneet — <i>Gebrochen</i> . . .	14.4	67.1	18.5	36.28
Nojalleen jääneet — <i>Halb- niedergefallen</i>	13.1	36.2	50.7	9.99
Kaikkiaan — <i>Zusammen</i>	19.2	45.3	35.5	175.91

Murtuneissa on siis, kuten luonnollista on, haloiksi mennyt osa suhteellisesti suurempi. Kaikkien 634 myrskyn vahingoittaman lehtikuusen 1 551 m³ kuorellista puuta tekevästä kuutiomäärästä on koko tyveysmäärä 11 %. Tähän erään ei sisälly lehtikuusten katkeilemisesta kaatuessaan aiheutunut runkojen terveiden osien hukka, joka luonnollisesti on varsin tuntuva (vert. siv. 12).

Edelliset luvut eivät kuitenkaan anna täysin oikeaa kuvaa eri laholajien aikaansaamien tuhojen suhteellisesta suuruudesta, sillä m. m. ratapölkkyjä valmistettaessa on täytynyt puusta leikata tätä puutavaralajia vastaavan pituinen pölkky siinäkin tapauksessa, että laho ei olisi mennyt sen mittaista etäisyyttä ylöspäin. N. s. maan-nousemalahojen keskimääräinen pituus juurineen kaatuneiden näiden sienilahojen vahingoittamien lehtikuusten tyviosassa on keskimäärin: *Fomitopsis annos*alla 1.84 m, *Polystictus Schweinitzii*llä 2.74 ja molempien esiintyessä yhdessä 3.37 m. Suurin korkeus mihin ensinmainitun sienen lahon on huomattu menevän on 6 m, toiseksi mainitun vastaavan korkeuden ollessa 7.5 m ja molempien esiintyessä yhdessä 8 m.

Eri sienilajien esiintymisen riippuvaisuus lehtikuusten juuriston muodosta ja samalla kasvupaikan maalajista selviää seuraavasta ryhmittelystä, jossa juurineen kaatuneet lahorunkoiset lehtikuuset on ryhmitetty tätä vastaaviin luokkiin. Eri juuristotyypeissä on eri sienilajeja tavattu seuraavassa suhteessa:

	<i>Fomitopsis</i> <i>annosa</i> %	<i>Polyst.</i> <i>Schwein.</i> %	Molemmat yhdessä <i>Beide</i> zusammen %
Laakajuuristo — <i>Flachwurzelsystem</i>	30.1	35.5	34.4
Sarvijuuristo — <i>Hornwurzelsystem</i> ..	65.0	17.9	17.1
Tyypillinen juuristo — <i>Typisches</i> <i>Wurzelsystem</i>	90.2	5.6	4.2

Fomitopsis annosa on siis suhteellisesti yleisin tyypillisillä juurilla varustetuissa lehtikuusissa, *Polystictus Schweinitzii* matalammalle menevän juuriston puilla.

MÄNNYN JA KUUSEN LAHOVIKAISUUS RAIVOLAN LEHTIKUUSIMETSÄSSÄ.

Männyllä ja kuusella ovat Raivolan lehtikuusimetsän alueella sienien aiheuttamat lahoviat vieläkin yleisempiä kuin lehtikuusella. Niin on männyllä huomattu muutamissa mänty- sekä mänty-kuusi-metsissä *Trametes pinin* itiöemiä 20—50 % isompien puiden luvusta. Tähän eivät kuitenkaan ole syynä sellaiset luonnolliset seikat kuin lehtikuusen lahovikaisuuteen, vaan kulttuurin vaikutus. Mäntyjen nuorena ollessa ovat nim. paimenet kuorineet mäntyjä hyvin yleisesti, ja tästä syntyneitä koroja näkyy vielä nytkin melkein kaikissa vioitetuissa puissa.

Kuusen lahoista on hankittu tilastoa tutkimalla lehtikuusi-metsissä ja niiden läheisyydessä yhteensä 515 talven 1924—25 hakuissa syntynyttä kuusen kantoa. Näistä oli 65.0 % terveitä, 32.9 % *Fomitopsis annosan* ja 2.1 % *Bjerkandera borealisen* vahingoittamia. Aivan harvinaisen lahoja olivat varsinaisissa lehtikuusimetsissä olevat alikasvukuuset; esim. osastoissa I ja II tutkitusta 100 kannosta oli 53 % terveitä, 44 % syisen maannouseman vioittamaa ja 3 % hiililahon vioittamaa. Niissä kannoissa, joissa syinen maannousema esiintyi, oli usein vain aivan ohut pintakerros lahoamatonta puuta.

HUOMIOON OTETTAVIA SEIKKOJA LEHTIKUUSTA KASVATETTAESSA.

Tämä tutkimus on osottanut, että siperialaisella lehtikuusella on suhteellisen heikko juuristo sekä että se tavallista kiertoaikaa vanhemmaksi kasvatettuna saa verrattain runsaasti sienilahoja. Nämä seikat huomioonottaen olisi

lehtikuusen viljelemistä varten valittava sellainen paikka, joka maastoonsa ja muuhun sijoitukseensa nähden on myrskyille vähemmän altis;

lehtikuusta kasvatettava syväpohjaisella morenimaalla eikä savimaalla, jossa puun juuristo ei pääse kehittymään normalisesti ja jossa puu myöskin saa helpommin juurilahoja;

lehtikuusimetsä verrattain aikaisin alotettavilla harvennushakkuilla saatettava kehittämään voimakas juuristo, joten metsän kestävyys myrskytuhoja vastaan sitenkin lisääntyisi;

aikainen ja voimakas harvennus välttämätön myöskin metsän kiertoajan alentamiseksi;

lehtikuusta yleensä pyrittävä kasvattamaan puhtaissa metsiköissä, sillä ainakin kuusi, jonka yleisin laho on saman sienen (*Fomitopsis annosa*) aiheuttama kuin lehtikuusen, voi, erittäinkin vanhemmissa metsissä, edistää lehtikuusen lahovikaisuutta.

ÜBER DIE STURMSCHÄDEN IN DEM LÄRCHENWALDE BEI RAIVOLA AM 23. SEPTEMBER 1924.

REFERAT.

DER UMFANG DER STURMSCHÄDEN.

Während des Sturmes, der am 23. September 1924 raste, verlor der bekannte Lärchenwald bei Raivola, über den Dr. LAURI ILVESSALO früher eingehend berichtet hat (Der Lärchenwald bei Raivola, *Communicationes ex Instituto Quaestionum forestalium Finlandiae editae*, Bd. 5, 1923), im ganzen 634 Lärchen, d. h. 8.8 % von der Zahl der Lärchen, die der Wald vorher aufgewiesen hatte. Von diesen waren mit den Wurzeln niedergefallen (Abb. 1) 86.0 %, gebrochen (Abb. 2) 8.2 % und halb niedergefallen (Abb. 3) 5.8 %. Die Verteilung dieser beschädigten Lärchen auf die verschiedenen Abteilungen der reinen Lärchenbestände und der Mischbestände von Lärchen (Abb. 4) sowie auf die verschiedenen Diameterklassen wird aus Tabelle 1 ersichtlich. In Tabelle 2 sind die absolute und die relative Menge der auf verschiedene Weise beschädigten Lärchen und in den Tabellen 3 und 4 die Menge der so niedergefallenen Lärchen nach Diameterklassen zusammengestellt. So verlor die 12 cm-Diameterklasse 4.2 % von der ursprünglichen Zahl der Bäume, die Klasse 28 cm 7.0 %, die Klasse 44 cm 12.5 % und die Klasse 60 + cm 19.7 %. Die Kubikmasse der fraglichen 634 Lärchen beträgt (der Durchm. der Bäume ist für die Kubierung 0.5, 2, 4, 6 usw. m über dem Boden gemessen) 1 550.95 m³ oder durchschnittlich 2.45 m³ pro Stamm mit Rinde (Tabelle 5). Die mittlere Kubikmasse der mit den Wurzeln niedergefallenen ist 2.49 m³, der gebrochenen 2.61 m³ und der halb niedergefallenen 1.60 m³. Die Menge der Rinde beträgt 328.07 m³ oder 21.15 %.

Im Vergleich zu den Lärchenbeständen sind die Kiefern- und Fichtenbestände desselben Waldes, die auf ziemlich demselben Boden wie die Lärchen wachsen und deren grösste Länge 35 m beträgt, relativ standhafter gewesen. Von ihnen wurden während des erwähnten Septembersturmes im ganzen nur 1.5 % von der Zahl der grösseren Bäume beschädigt.

DIE FAKTOREN, DIE AUF DEN UMFANG DER STURMSCHÄDEN EINGEWIRKT HABEN.

Die Kraft und Richtung des Sturmes.

Da es in dem Versuchswald bei Raivola bisher keine vollständige meteorologische Beobachtungsstation gibt und auch auf den benachbarten Stationen, die 30—50 km von dem Walde entfernt liegen, an dem erwähnten Tage zwischen 4 und 6 Uhr, wo der Sturm seine höchste Kraft erreicht hatte,

keine Beobachtungen gemacht worden sind, liegen keine exakten Angaben über die Kraft des Sturmes vor. Angesichts der Schäden, die der Sturm an den Wäldern, den Gebäuden u. a. angerichtet hat, kann es jedoch als sicher gelten, dass seine Kraft zu jener Zeit 12 Beaufort oder 40 m in der Sekunde betragen hat, wie sie nach der amtlichen Mitteilung der russischen meteorologischen Anstalt in dem östlicher gelegenen Petersburg registriert wurde. Nach derselben Meldung stieg das Wasser infolge dieses Orkanes in der Neva 3.68 m über den normalen Stand, d. h. auf eine Höhe, die das Hochwasser früher nur am 19. November 1824 überschritten hat (Anstieg 4.17 m). Auch der letzterwähnte Sturm brachte im Lärchenwald bei Raivola grosse Verheerungen mit sich (vgl. LAURI ILVESSALO).

Das Gelände und die Beschaffenheit der Wälder.

Auch die Richtung des Sturmes war wegen der in dem Lärchenwald herrschenden Terrainverhältnisse für den Wald ausserordentlich gefährlich. Wie man aus Tabelle 6 sieht, in der die umgeworfenen Lärchen nach der Fallrichtung gruppiert sind, war die Richtung des Sturmes westlich. Nach dieser Himmelsrichtung hin sind die Bestände östlich vom Flusse Lintulanjoki auf den zu diesem Flusse absinkenden Hängen, westlich von denen überhaupt kein Wald oder nur verhältnismässig niedriger zu finden ist, fast ohne Schutz. Zu der Verteilung der Schäden in den Lärchenbeständen haben auch die in westöstlicher Richtung streichenden, dürrtig bewaldeten schmalen Senkungen beigetragen, an deren Rändern und in deren Winkeln die Bestände relativ stark unter dem Sturm gelitten haben (Abb. 4).

Was die verschiedenen Bestandesarten betrifft, sind von den reinen oder etwas mit Fichten gemischten Lärchenbeständen 10.0 % von der Zahl der Lärchen sowie in den Mischbeständen 2.8 und 3.6 % beschädigt worden (Tabelle 2). Dieser Vergleich wird jedoch durch das verschiedenartige Gelände dieser verschiedenartigen Bestandesarten, durch das verschiedene Alter (die Mischbestände sind jünger) und die verschiedene Grösse der Bäume erschwert. Von den Bestandesformen repräsentieren die Lärchenbestände nur eine Form: den nach Kultur entstandenen gleichaltrigen Bestand.

Die Bodenart und das Wurzelsystem.

Ausserordentlich leicht zu konstatieren ist die Abhängigkeit der Sturm-schäden von der Bodenart des Wuchsplatzes der Lärche und von dem dadurch bedingten Wurzelsystem der Bäume. Bei den mit den Wurzeln niedergefallenen Lärchen, deren Wurzelsystem ausnahmslos dermassen entblösst ist, dass seine Form leicht bestimmt werden konnte, sind drei Wurzelsysteme unterschieden worden: das Flachwurzelsystem, das Hornwurzelsystem und das typische Wurzelsystem. Bei dem Flachwurzelsystem laufen die Wurzeln in der Richtung der Bodenoberfläche, ohne überhaupt in den darunterliegenden Boden einzudringen (Abb. 5); das Hornwurzelsystem dagegen weist hirschgeweiähnliche platte Wurzelgruppen auf, die eine Strecke weit meistens vertikal in Spalten des Mineralbodens hinabgehen (Abb. 6 und 7). Als typisch ist das Wurzelsystem der Lärche dann zu betrachten, wenn daran mehrere Herz- und andere Tiefwurzeln zu finden sind (Abb. 8). Natürlich gibt es von diesen verschiedenartige Zwischenformen (z. B. Abb. 9). Da die durchschnittliche Kubikmasse der zu diesen verschiedenen Gruppen gehörigen Lärchen relativ wenig Differenzen

gezeigt hat, indem sie bei den Bäumen mit Flachwurzelsystem im Mittel 2.66 m^3 , bei denen mit Hornwurzelsystem 2.59 m^3 und bei denen mit typischem Wurzelsystem 2.44 m^3 beträgt, sind die in Tabelle 7 angegebenen Zahlen für die durchschnittliche Breite der verschiedenen Wurzelsysteme miteinander vergleichbar. Das allgemeine Ergebnis ist u. a., dass das Wurzelsystem in dem Wald bei Raivola im allgemeinen verhältnismässig klein ist.

Jedes der obenerwähnten Wurzelsysteme entsteht in einer bestimmten Bodenart: das Flachwurzelsystem in tongemischtem Sand, das Hornwurzelsystem in leicht rissig werdendem hartem Lehm Boden und das typische Wurzelsystem in Sandboden. Auf S. 22 sind Zahlen mitgeteilt, welche das Volumgewicht des Bodens frisch und lufttrocken sowie die Korngrösse der Bodenarten angeben. Diese Bodenarten und Wurzelsysteme entsprechen nicht bestimmten Waldtypen (Tabelle 8). Auf den besseren Waldtypen sind die Bäume jedoch grösser als auf den schlechteren (Tabelle 9).

Nach dem Wurzelsystem gruppieren sich die mit den Wurzeln niedergefallenen Lärchen in der auf S. 23 angegebenen Weise.

Da es nicht bekannt ist, wie sich alle Lärchen des Waldes auf die erwähnten verschiedenen Wurzelsysteme verteilen, lassen sich keine exakten Berechnungen darüber anstellen, wie sich die mit verschiedenartigem Wurzelsystem versehenen Lärchen dem Sturm gegenüber verhalten haben. Ausserdem wird ein Vergleich durch die verschiedenartigen Terrainverhältnisse erschwert. Auch ist der Boden, in dem das typische Wurzelsystem in dem Wald bei Raivola auftritt, ganz loser Sand, weshalb dieses Wurzelsystem den Baum nicht so fest an den Boden bindet, wie es z. B. in Moränenboden der Fall ist. Ein ähnliches Wurzelsystem hat in diesem Boden auch die Kiefer. Aus den Spuren dieses wie auch der früher vorgekommenen Sturmschäden kann man jedoch schliessen, dass das Flach- und das Hornwurzelsystem bedeutend schwächer als das typische Wurzelsystem sind (dies besonders zu der Zeit, wo der Boden nicht gefriert, und um so mehr, je feuchter und weicher der Boden ist).

Die Fäulnisbeschädigung der Lärche.

Ohne Zweifel erklärt sich die gegenwärtige Empfindlichkeit des Lärchenwaldes bei Raivola gegen Sturmschäden auch aus der grossen Fäulnisbeschädigung der Lärche. Von den mit den Wurzeln niedergefallenen Lärchen waren denn auch nur 24.1 % solche, deren Wurzeln frei von Fäulnisschäden sind. Wie Tabelle 10 zeigt, waren Lärchen mit Fäulnis an den Wurzeln, aber mit gesundem Stamm 13.3 % und solche mit Fäulnis an den Wurzeln und am Stamm 62.6 % von der Zahl der Bäume. Aus derselben Tabelle wird auch die relative Fäulnisbeschädigung der Bäume auf verschiedenen Waldtypen und in verschiedenen Diameterklassen ersichtlich.

Da die Lärchen der Abteilung I 186-jährig, die der Abteilungen II und III vorzugsweise 148-jährig und die der übrigen Abteilungen 110-jährig sind, wird aus der Tabelle 11 deutlich, dass die Fäulnisbeschädigung des Stammes bei den alten Bäumen fast ausnahmslos grösser als bei den jüngeren ist. Von den mit verschiedenartigem Wurzelsystem versehenen Lärchen haben diejenigen verhältnismässig die gesündesten Wurzeln, bei denen das Wurzelsystem typisch entwickelt ist (Tabelle 12). Bei den mit Hornwurzelsystem versehenen Lärchen war die Stammfäulnis am verderblichsten; von deren Basis war durchschnittlich ein 0.83 m langer Teil zu wertvollerer Holzware untauglich, während

die entsprechende Zahl bei den mit Flachwurzelsystem versehenen Bäumen 0.68 m und bei den mit typischem Wurzelsystem versehenen 0.46 m war (vgl. Tabelle 14).

Der Stamm der gebrochenen Lärchen war natürlicherweise noch mehr mit Fäulnis behaftet als der mit den Wurzeln niedergefallenen. Tabelle 13 zeigt, dass von ersteren nur 21.2 % gesunde Stämme besaßen. Bei den halb niedergefallenen ist die entsprechende Zahl 47.2 %.

DIE AN DEN STURMBESCHÄDIGTEN LÄRCHEN ANZUTREFFENDEN FÄULEN UND DER DURCH DIESE VERURSACHTE SCHADEN.

Die Pilze, welche im Lärchenwald bei Raivola als Urheber der Fäulnisbeschädigungen an den von dem fraglichen Sturm zugrunde gerichteten Lärchen zu finden gewesen sind, können nach der Art ihres Auftretens in zwei Klassen gruppiert werden: in die das Wurzelsystem und den Stamm angreifenden und die nur an dem Stamm vorkommenden.

Die an den Wurzeln und am Stamm der Lärche angetroffenen Fäulen.

Die Pilze, welche sowohl an den Wurzeln als den Stämmen der Lärche Fäulnisbildung verursacht haben, sind *Polystictus Schweinitzii* und *Fomitopsis annosa*. Andere Pilze konnten in Verbindung mit derartigen Fäulen nicht konstatiert werden. Dass solche vorhanden sind, ist jedoch nicht ausgeschlossen, denn im Zusammenhang mit dieser Untersuchung wurden keine Pilzkulturen gemacht, und auch die Struktur der Fäulnisbeschädigungen, die auf die beiden vorerwähnten Pilze zurückgeführt worden sind, war in gewissen Fällen verhältnismässig wechselnd.

An den Wurzeln der Lärche ruft *Polystictus Schweinitzii* Kernfäule, *Fomitopsis annosa* Oberflächenfäule hervor, am Stamm ist die Fäule beider Kernfäule. Auf das Auftreten dieser Pilze und die von ihnen verursachten Fäulnisbeschädigungen wird im Folgenden genauer eingegangen.

Fomitopsis annosa. Fruchtkörper dieses Pilzes sind in dem Lärchenwald von Raivola verhältnismässig selten angetroffen worden, obgleich der Pilz dort der häufigste Urheber der Pilzschäden ist. An den Wurzeln des Baumes, wo die Fäule auch bei der Lärche ihren Anfang nimmt, ruft der Pilz Oberflächenfäule hervor, und zwar oft so, dass der Oberflächenteil zwischen dem Splintholz und der Rinde der Wurzel ringförmig fault (Abb. 10). Hiervon rührt es her, dass sich beim Niederfallen der Bäume nur der Kernteil der kräftigsten Wurzeln aus dem Boden losreisst, während die schwächsten Wurzeln sowie die Rinde der Hauptwurzeln im Boden bleiben (Abb. 10 und 11). An den Wurzeln folgt die Fäule nicht genau den Jahresringen, sondern frisst sich an manchen Stellen bedeutend tiefer ein als an anderen.

Am Stamm ist die Fäule meistens relativ scharfrandige Kernfäule, die im Querschnitt des Stammes oft demselben Jahresring auf weite Erstreckung folgt. Bisweilen ist sie in verhältnismässig schmaler Ausdehnung auftretende Ringfäule, deren Aussenrand dunkelviolet ist. Auch nach der Oberfläche zu macht die Fäule sehr oft 1—2 cm tiefe Ausbuchtungen mit gleichmässigen Wölbungen. Mitunter findet man Fäule auf dem Querschnitt des Basalteils eines Baumes nur in einem kleinen Flecken. Diese wechselnde Art des Vor-

kommens lässt auch Abb. 12 erkennen. Manchmal ist sie auch am Stamm Oberflächenfäule, wobei sie jedoch nicht annähernd so hoch im Baume aufsteigt, wie wenn sie als Ring- oder eigentliche Kernfäule auftritt.

Beim Faulen wird das Holz der Lärche sowohl an den Wurzeln wie am Stamm weissbunt, was auf den in ihm erscheinenden Flecken beruht. Wenigstens auf einer späteren Entwicklungsstufe sind diese Stellen von Pilzhypphen gebildete lederartige Flecken, die, wenn feucht, oft glänzend sind. Die entstehenden Hohlräume, in denen diese Hypphen auftreten, sind radial angeordnet, in horizontaler Richtung abgeplattet und in vertikaler Richtung länglich ausgezogen. Auf diesen Hohlräumen beruht es, dass das Holz in einem späteren Entwicklungsstadium der Fäule in groben und oft knotigen, ca. 3—4 mm breiten Fasern bricht (Abb. 13). Da diese Hohlräume relativ am meisten zwischen den Jahresringen vorhanden sind, führt dies dazu, dass das faulende Holz oft in den Jahresringen entsprechende Scheiben und dickere Stücke zerreisst, aus denen sich das Innere des Baumes hülsenförmig herauslösen lässt (Abb. 14). In seinem Endstadium ist das gefaulte Holz in feuchtem Zustand weich und wegen seiner Faserigkeit zäh, von heller Farbe und meist von schwarzen Hypphenflecken durchsetzt. Besonders in diesem Stadium ist es von recht ähnlicher Art wie von demselben Pilz angegriffenes Fichtenholz. Aus diesem Grund passt denn auch für die von diesem Pilz verursachte Fäule der in Nordfinnland gebräuchliche Name »faserige Kernfäule« (»syinen maannousema«).¹⁾

Als solche faserige Kernfäule ist hier auch die an der Lärche angetroffene Kernfäule von härterer Beschaffenheit und mit feineren Fasern betrachtet worden. Sehr wahrscheinlich ist diese Fäule eine von dem fraglichen Pilz unter bestimmten Bedingungen, an Bäumen mit dünnen Jahresringen, hervorgerufene Form.

Polystictus Schweinitzii. Grosse braune Fruchtkörper dieses Pilzes sind im Lärchenwald bei Raivola sehr zahlreich zu finden. Sie wachsen entweder an der Erdoberfläche oder an den gefaulten Basalteilen der Lärche. Auch im ersten Fall stehen sie meistens mit zu Boden gefallen Holzstücken oder Zweigen der Lärche in Verbindung. Bisweilen liess sich dieser Zusammenhang nicht mehr feststellen. Am Boden wachsend gestalten sich diese zumeist in Gruppen von wenigen Individuen auftretenden Fruchtkörper zu sehr regelmässigen, nach unten verschmälerten Trichtern (Abb. 15), wogegen sie sich an den Stämmen der Bäume einseitig \pm halbkreisförmig entwickeln (Abb. 16).

Was die Wurzeln betrifft, zeigt sich die von diesem Pilz verursachte Fäule meistens an den dicksten und in die Tiefe gehenden. Am häufigsten ist es hier typische Kernfäule, bisweilen jedoch auch an der Oberfläche auftretende. Am Stamm des wachsenden Baumes ist es von dem Wurzelhals nach oben steigende Kernfäule, deren Farbe in den ersten Stadien hell, vielleicht sogar etwas heller als die des gesunden Holzes ist. Später wird die Fäule braun, zuletzt dunkelbraun. Die Grenze zwischen dem gefaulten und dem gesunden Holz ist unregelmässig und folgt nicht den Jahresringen (Abb. 17 und 23). Mitunter tritt die Fäule auch verhältnismässig seitlich und manchmal auch in isolierten Flecken auf (im Querschnitt). Schon wenn das angegriffene Holz relativ hell ist, zerbricht es in rechtwinkelige Prismen, deren Aussenseiten längs Jahresringe verlaufen. Später trennt sich das gefaulte Kernholz in einem zylind-

¹⁾ Vgl. O. HEIKINHEIMO, Suomen lumituhoalueet ja niiden metsät. Metsätieteellisen koelaitoksen julkaisuja 3. 1920.

derförmigen Stück ab, in dem die kohlenartige Spaltungsweise und die namentlich zwischen den Jahresringen hingehenden netzartigen weissen Pilzhypen immer deutlicher hervortreten (Abb. 18). Im Endstadium findet man meistens in an der Basis geborstenen Bäumen oder an den Stümpfen sturmgeknickter Bäume die Fäule ganz kohlenartig zerfallen, und das Bauminnere wird schliesslich hohl. Aus diesem Grunde passt dafür der Name »Kohlenfäule der Lärche« (»lehtikuusen hiililaho«).

Diese Fäule tritt sehr oft auch in Verbindung mit Rissen im Kernholz auf. Längs des Risses breitet sich der Pilz wahrscheinlich sehr schnell aus. Im Kernholzriss eines fast fäulefreien Baumes bemerkt man sogar mit blossen Auge Pilzhypen. Manchmal wird diese Fäule von violett gefärbtem Holz fortgesetzt, das im Querschnitt oftmals sternförmig ist. Dieses angefaulte Holz ist verhältnismässig hart.

Da die vorerwähnte Kohlenfäule in hohem Grade an die von *Bjerkandera borealis* hervorgerufene Fäule erinnert, könnte es möglich sein, dass auch dieser Pilz an den Lärchen von Raivola vorkommt. Indessen ist dies nicht besonders wahrscheinlich, da Fruchtkörper des Pilzes in diesem Versuchsrevier nicht im Zusammenhang mit Lärchen, aber allerdings mit einheimischen Fichten angetroffen worden sind.

Die am Stamme der Lärche angetroffenen Fäulen.

Von den nur an den Stämmen auftretenden Fäulnispilzen der Lärche ist der häufigste und verderblichste im Lärchenwald bei Raivola

Trametes pini. Fruchtkörper dieses Pilzes sind unter den vom Sturm beschädigten Lärchen an vier Bäumen angetroffen worden. Wie man aus Abb. 19 sieht, sitzen die Fruchtkörper in regelmässigen Fällen ebenso wie bei der Kiefer in den Astgabeln, grösstenteils unterhalb der Äste. Der Durchmesser der grössten Schwämme war 25 cm.

Die Fäule ist die im Innern des Baumes auftretende Kernfäule. In weniger entwickeltem Stadium findet man auf einem radialen Schnitt in dem braunen, fast unveränderten Holz weisse, ca. 1.5—3 mm grosse rundliche Flecken. Das sind von entfärbten Holzfasern erfüllte Hohlräume (Abb. 20). Im Kernholz treten sie im allgemeinen im Frühjahrsholz auf, in dem jahresringreichen Aussenholz durchdringen sie dagegen auch das dünne Herbstholz. Auf einem tangentialen Schnitt sind die Hohlräume nur ca. 0.5—1 mm breite, in der Längsrichtung des Baumes verlaufende Spalten. Auf einem Querschnitt des Stammes sieht man sehr kleine, in radialer Richtung etwas abgeplattete Flecken. In diesem Stadium ist das Holz noch sehr fest.

In dem stärker angegriffenen Holz, das man leicht mit der Hand zerbrechen kann und dessen Struktur einigermassen faserig ist, nehmen die erwähnten Flecken den grössten Teil des Raumes ein. Auf einem radialen Schnitt umgibt das Grundholz diese durchschnittlich ca. 4 mm langen und 2—3 mm breiten Flecken in nur ca. $\frac{1}{2}$ mm dicken Wandungen (Abb. 21). Auf einem tangentialen Schnitt sind die Hohlräume auch hier schmale Spalten, deren Form auch im vertikalen Querschnitt platt ist. In dem jahresringreichen Splintholz haben die Flecken ziemlich dieselben Dimensionen wie im Kernholz, so dass sie sich im ersteren nicht, wie es im letzteren der Fall ist, auf die Jahresringe beschränken können.

Fomitopsis pinicola kommt auch an den Lärchen von Raivola nur an abgestorbenen Individuen, meistens an den Stümpfen niedergefallener Bäume vor.

An diesen bildet der Pilz ebenfalls Fruchtkörper aus. Die Beschädigung ist typische Oberflächenfäule, deren Struktur der Hauptsache nach eine ähnliche wie bei der Kiefer und Fichte ist; die angegriffene Oberfläche des Baumes ist uneben und wellenförmig und später leicht zerfallend.

Die Wundfäule. Besonders an den oberen Teilen des Stammes findet man an den Lärchen von Raivola bisweilen namentlich durch die gegenseitige Reibung der Bäume entstandene Wunden und um diese herum Überwallungen verschiedener Stadien. Zu diesen gesellen sich häufig am Stamme auftretende Beschädigungen, von denen die einen Kern-, die anderen Oberflächenfäulen sind. Diese Beschädigungen, mit denen keine Fruchtkörper angetroffen worden sind, sind noch nicht im einzelnen aufgeklärt. Abb. 22 zeigt eine solche typische Oberflächenfäule, bei der jedoch der äusserste gesunde Teil des Holzes die Faulstelle ringförmig umgibt. Das angegriffene Holz ist überaus deutlich faserig.

Die Krebsfäule der Lärche, *Dasyscypha Willkommii*, ist im Lärchenwald bei Raivola nicht angetroffen worden. In Finnland hat man ihre Schädigungen auch nur in Dragsfjärd und auch da bei der europäischen Lärche beobachtet.¹⁾

Die obenerwähnten an der Lärche gefundenen Pilze kommen natürlicherweise auch gleichzeitig an demselben Baume vor. So zeigten sich sehr oft besonders *Polystictus Schweinitzii* und *Fomitopsis annosa*, obwohl die Art ihres Vorkommens fast dieselbe ist. Solche Fälle werden von Abb. 23 und 24 veranschaulicht. Aus der ersteren geht u. a. hervor, dass die von jenem Pilz verursachte Beschädigung eine typischere Kernfäule ist als die von diesem hervorgerufene. In dem durch Abb. 24 illustrierten Fall hat *Polystictus Schweinitzii* die Kernpartie an der Stammbasis der Lärche sehr gründlich angegriffen. *Fomitopsis annosa* dagegen tritt nur an den Wurzeln auf, wo auch Fruchtkörper dieses Pilzes angetroffen werden.

Die Häufigkeit der verschiedenen Arten von Fäule und die durch dieselben verursachten Schäden.

Von der relativen Häufigkeit der verschiedenen Arten von Fäule im Lärchenwald bei Raivola erhält man ein ziemlich zuverlässiges Bild, wenn man alle die vom Sturm beschädigten Lärchen, die an irgendeiner Stelle des Stammes von Fäule angegriffen gewesen sind, nach dem Erreger der Fäule in Klassen gruppiert. Nach diesem Gesichtspunkt ist Tabelle 15 aufgestellt, in der die Resultate auch nach Abteilungen angegeben sind. *Fomitopsis annosa* ist danach ganz unbedingt der häufigste schädliche Pilz an den Lärchen. Er hat nämlich Fäule verursacht in 81 % der Lärchenstämme, an denen Fäule angetroffen wurde, und in 41 % von den Stämmen aller sturmbeschädigten Lärchen. Ihm am nächsten steht *Polystictus Schweinitzii*, dessen entsprechende Zahlen 31 und 16 % sind. Bei allen vom Sturm verheerten Lärchen sind diese Pilzschäden jedoch noch häufiger, denn bei den 13 % aller Lärchen, die Fäule an den Wurzeln, aber nicht am Stamm aufweisen, sind die Faulstellen von diesen Pilzen verursacht. Mit diesen verglichen sind andere schädliche Pilze von recht untergeordneter Bedeutung.

Aus Tabelle 15 geht auch hervor, dass die obenerwähnten schädlichen Pilze in den verschiedenen Teilen des Lärchenwaldes in verschiedenen Ver-

¹⁾ TORSTEN RANCKEN, Lärkträdkräften (*Dasyscypha Willkommii*) i Finland. Forstlig tidskrift, 1925, S. 91.

hältnissen vorkommen. So ist *Polystictus Schweinitzii* viel häufiger, als der Mittelwert angibt, in Abteilung III, wo die von ihm verursachte Fäule in 74 % von der Zahl aller Lärchen mit angegriffenem Stamm vorkommt.

Auch an den vom Sturme auf verschiedene Weise beschädigten Lärchen treten die genannten Pilze in verschiedenen Verhältnissen auf, und zwar so, dass die vom Sturm gebrochenen Stämme relativ viel häufiger *Polystictus Schweinitzii* aufweisen als die mit den Wurzeln niedergefallenen. Dies zeigen folgende Zahlen.

	Mit den Wurzeln niederge- fallen	Gebrochen	Halbnieder- gefallen
<i>Fomitopsis annosa</i>	72.6 %	29.3 %	79.0 %
<i>Polystictus Schweinitzii</i>	13.1 »	19.5 »	10.5 »
Beide zusammen	13.1 »	48.8 »	10.5 »

Über die Grösse des ökonomischen Schadens, der durch die verschiedenen Arten von Fäule hervorgerufen ist, kann man sich eine Vorstellung machen, wenn man sich die Grösse des wegen dieser Beschädigungen nur als Brennholz oder minderwertige Holzware brauchbaren Stammteiles ansieht. Er wird veranschaulicht durch die S. 39 mitgeteilte Zusammenstellung der mit den Wurzeln niedergefallenen Lärchen, welche Pilzschäden am Stamm aufgewiesen haben.

Die dort angeführten Zahlen zeigen, dass der von *Polystictus Schweinitzii* verursachte Schaden verhältnismässig grösser als der von *Fomitopsis annosa* hervorgerufene ist und dass von den gebrochenen Lärchen als minderwertige Holzware bedeutend mehr Holz als von den mit den Wurzeln niedergefallenen angewandt werden musste, was auch durchaus natürlich ist. Da die mittlere Kubikmasse für die mit den Wurzeln niedergefallenen Lärchen, bei denen Beschädigung durch den erstgenannten Pilz allein vorliegt, mit Rinde 2.35 m³, für die mit dem anderen Pilz 2.88 m³ und für die mit beiden Pilzen zusammen 2.99 m³ beträgt, machen die diesen entsprechenden durchschnittlichen angefaulten Teile 19, 19 und 22 % von diesen Kubikmassen aus. An allen mit den Wurzeln niedergefallenen Lärchen mit angefaultem Stamm sind infolge der Beschädigungen mithin durchschnittlich 20 % weggenommen worden. Auf die verschiedenen Holzwarenarten und den Stock verteilt sich dieser Betrag, wie die Übersicht S. 40 zeigt.

Bei den gebrochenen ist also, wie natürlich, der zu Brennholz verarbeitete Teil verhältnismässig grösser. Von der ganzen 1551 m³ Holz nebst Rinde ausmachenden Kubikmasse der 634 sturmbeschädigten Lärchen ist also der gesamte Teil der Auftreibungen 11 %. In diesem Quantum ist nicht enthalten der Verlust der gesunden Stammteile, der von dem Bersten der Lärchen beim Niederfallen herrührt und der natürlich recht bedeutend ist.

Die obigen Zahlen geben jedoch kein völlig richtiges Bild von der relativen Grösse der durch die verschiedenen Fäulnisarten hervorgerufenen Schäden, denn u. a. bei der Herstellung von Eisenbahnschwellen musste aus jedem Baum ein diesem Sortiment entsprechend langer Klotz geschnitten werden. Die wirkliche durchschnittliche Länge der sog. Kernfäulestellen am Basalteil der mit den Wurzeln niedergefallenen, von diesen Pilzschäden beeinträchtigten Lärchen ist im Mittel bei *Fomitopsis annosa* 1.84 m, bei *Polystictus Schweinitzii* 2.74 m und beim Auftreten beider zusammen 3.37 m. Die grösste Höhe, bis

zu der nach den Beobachtungen die Beschädigung durch den ersten Pilz geht, ist 6 m, für den zweiten Pilz ist die entsprechende Höhe 7.5 m und beim Auftreten beider zusammen 8 m.

Was die Abhängigkeit des Vorkommens der verschiedenen Pilzarten von der Form des Wurzelsystems der Lärchen und zugleich von der Bodenart des Standortes betrifft, sind die mit den Wurzeln niedergefallenen Lärchen mit angegriffenem Stamm auch in dieser entsprechende Klassen gruppiert worden. In den verschiedenen Typen der Wurzelsysteme wurden die verschiedenen Pilzarten im folgenden Verhältnis gefunden.

	<i>Fomitopsis</i> <i>annosa</i> %	<i>Polyst.</i> <i>Schwein.</i> %	Beide zusammen %
<i>Flachwurzelsystem</i>	30.1	35.5	34.4
<i>Hornwurzelsystem</i>	65.0	17.9	17.1
<i>Typisches Wurzelsystem</i>	90.2	5.6	4.2

Fomitopsis annosa ist also relativ häufiger bei den mit typischen Wurzeln versehenen Lärchen, *Polystictus Schweinitzii* bei den Bäumen mit flachgehendem Wurzelsystem.

DIE FÄULNISBESCHÄDIGUNGEN DER KIEFER UND FICHTE IM LÄRCHENWALD BEI RAIVOLA.

Bei der Kiefer und Fichte sind die im Gebiet des Lärchenwaldes von Rairvola durch Pilze verursachten Fäulnisbeschädigungen noch häufiger als bei der Lärche. So sind bei der Kiefer in einigen Kiefern- und Kiefer-Fichtenwäldern Fruchtkörper von *Trametes pini* in 20—50 % von der Zahl der grösseren Bäume beobachtet worden. Hieran sind jedoch nicht die natürlichen Faktoren wie bei den Fäulnisbeschädigungen der Lärche schuld, sondern der Einfluss der Kultur. In jungem Alter sind nämlich Kiefern sehr allgemein von den Hirten abgeschält worden, und noch heute sieht man davon herrührende Riefen an fast allen beschädigten Bäumen.

Über die Fäulnisbeschädigungen der Fichte wurde in der Weise eine Statistik aufgestellt, dass in den Lärchenbeständen und in deren Nachbarschaft insgesamt 515 im Winter 1924—25 bei Aushieben entstandene Fichtenstöcke untersucht wurden. Von diesen waren 65.0 % gesund, 32.9 % von *Fomitopsis annosa* und 2.1 % von *Bjerkandera borealis* beschädigt. Ganz aussergewöhnlich angefault waren die Unterwüchse in den eigentlichen Lärchenbeständen; z. B. waren von den in den Abteilungen I und II untersuchten 100 Stöcken 53 % gesund, 44 % durch faserige Kernfäule und 3 % durch Kohlenfäule beschädigt. Bei den Stöcken, an denen die faserige Kernfäule auftrat, war oft nur eine ganz dünne Oberflächenschicht unangefaultes Holz.

UMSTÄNDE, DIE BEI DER ERZIEHUNG DER LÄRCHEN ZU BEACHTEN SIND.

Vorliegende Untersuchung hat gezeigt, dass die sibirische Lärche ein verhältnismässig schwaches Wurzelsystem hat und dass sie mit längeren Umtriebszeiten relativ beträchtlich Pilzschäden bekommt. Im Hinblick hierauf wäre

für die Kultur der Lärche ein Ort zu wählen, der in bezug auf sein Terrain und seine sonstige Lage Stürmen weniger ausgesetzt ist;

die Lärche auf tiefgründigem Moränenboden zu erziehen, nicht auf Tonboden, in dem sich das Wurzelsystem des Bodens nicht normal entwickeln kann und in dem es auch leichter von Wurzelfäule angegriffen wird;

der Lärchenwald durch verhältnismässig früh beginnende Durchforstungen zur Entwicklung eines kräftigen Wurzelsystems zu bringen, damit sich die Standhaftigkeit des Waldes gegen Sturmschäden auch auf diese Weise erhöht;

eine frühe und kräftige Durchforstung auch für die Herabsetzung der Umtriebszeit des Waldes notwendig;

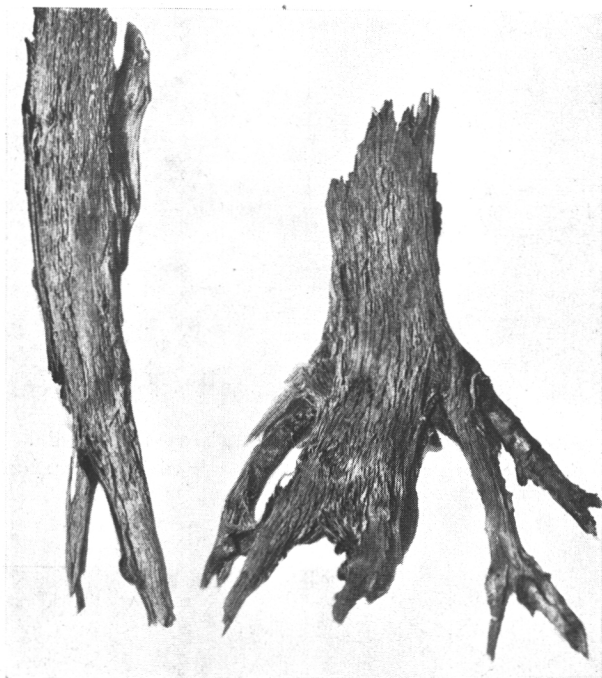
die Lärche möglichst in reinen Beständen zu erziehen, denn wenigstens die Fichte, deren häufigste Fäule durch denselben Pilz (*Fomitopsis annosa*) wie die der Lärche verursacht wird, kann, besonders in älteren Wäldern, die Fäulnisbeschädigungen der Lärche vermehren.



Kuva 6. Lehtikuusen sarvijuuristoa savimaalla.
*Abb. 6. Das Hornwurzelsystem der Lärche auf rissigem, hartem
Lehmboden.*

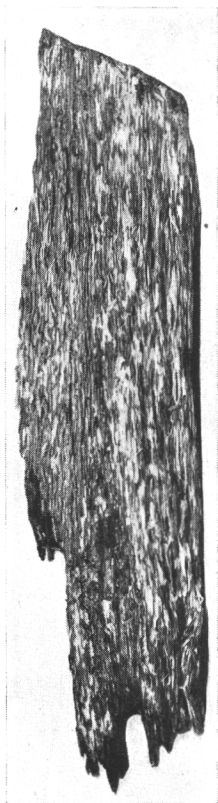


Kuva 7. Lehtikuusen sarvijuuristoa savimaalla juurien vapaut-
tamisen jälkeen maasta. Sama puu kuin kuvassa 6.
*Abb. 7. Das Hornwurzelsystem der Lärche auf rissigem, hartem
Lehmboden, nachdem die Erde von den Wurzeln weggenommen
ist. Derselbe Baum wie in Abb. 6.*



Kuva 11. *Fomitopsis annosae* vahingoittamien lehtikuusen juurten sisäosia, jotka ovat irtautuneet maasta puiden kaatuessa.

Abb. 11. Kernteile der von *Fomitopsis annosa* beschädigten Lärchenwurzeln, die mit dem niedergefallenen Stamme aus dem Boden weggerissen sind.



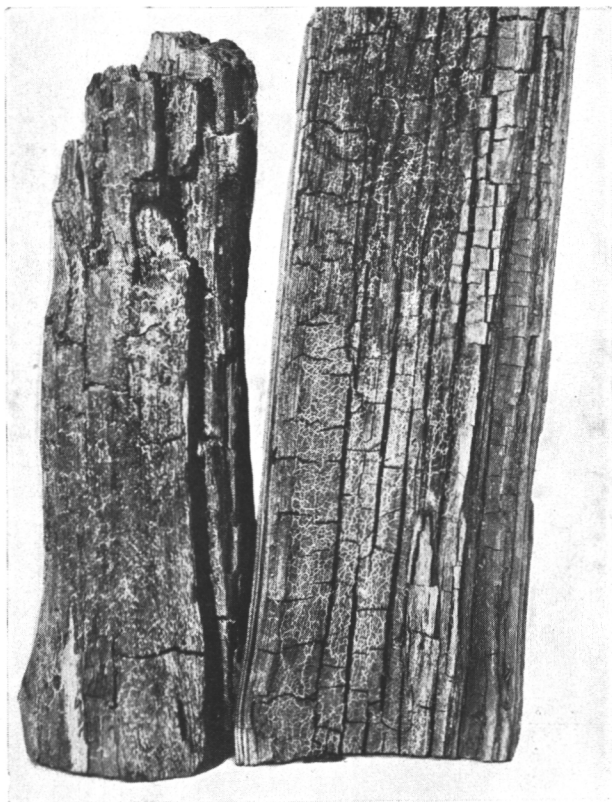
Kuva 13. *Fomitopsis annosan* lahotamaa kuituiseksi käynnyttä lehtikuusipuuta.

Abb. 13. Von *Fomitopsis annosa* angegriffenes faseriges Lärchenholz.



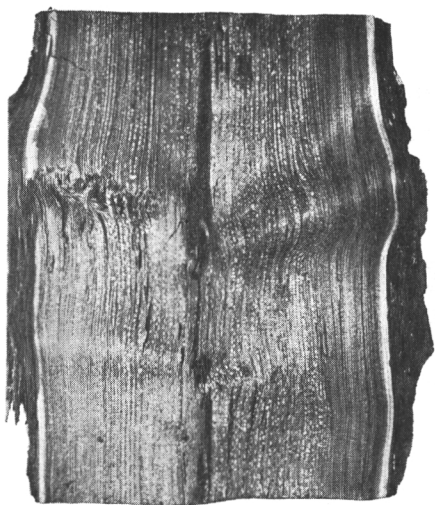
Kuva 14. *Fomitopsis annosan* lahotamaa lehtikuusipuuta, jossa puusta voi helposti irroittaa vuosilustojen mukaisia liistoja ja hylsyjä.

Abb. 14. Von *Fomitopsis annosa* angegriffenes Lärchenholz, wovon man längs den Jahresringen leicht dünnere oder dickere Scheiben losmachen kann.



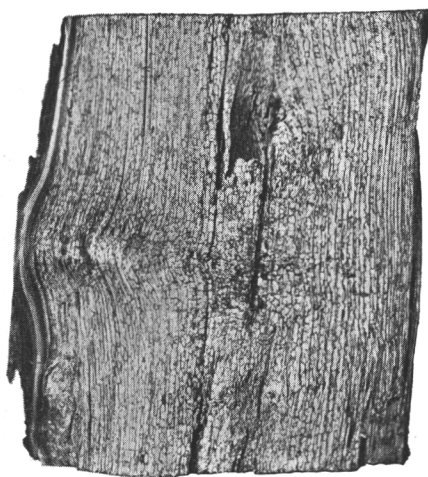
Kuva 18. *Polystictus Schweinitzii*n perusteellisesti la-
hottamaa lehtikuusen runkokuuta, jossa näkyy hiili-
mäinen murtumistapa sekä valkea verkkomainen sieni-
huovasto. Vasemmalla oleva lieriömäinen puun sisäosa
on irtautunut oikeanpuoleisesta vuosilustoa pitkin.

Abb. 18. Von *Polystictus Schweinitzii* angegriffenes braun.
gefärbtes Lärchenholz, an dem man die rechtwinklige
kohlenähnliche Bruchfläche und die weissen netzförmigen
Pilzhypen erkennt. Links ein zylindrisches Kernholz-
stück, das von dem rechtsstehenden längs dem Jahresringe
losgemacht ist.



Kuva 20. *Trametes pinin* lahottamaa lehtikuusipuuta, jossa laho on alkusteella.

Abb. 20. Von *Trametes pini* angegriffenes Lärchenholz, wo die Beschädigung im Beginn ist.



Kuva 21. *Trametes pinin* lahottamaa lehtikuusipuuta, jossa laho on pitkälle kehittynyt.

Abb. 21. Von *Trametes pini* angegriffenes Lärchenholz, wo die Beschädigung weit fortgeschritten ist.



Kuva 22. Rengasmainen haavalaho lehtikuusen latvaosissa. Laho on selvästi kuituista. Vasemmalla olevassa pölkkyssä melkein umpeen kylestynyt hankautumishaava, josta laho on saanut alkunsa.

Abb. 22. Eine kreisförmige Wundfäule in den oberen Partien einer Lärche. Die Fäule ist sehr faserig. Links sieht man die Wunde mit den Überwallungen.



Kuva 24. Halaistu lehtikuusen kanto, jossa on *Polystictus Schweinitzii* sydänlahona ja juurissa *Fomitopsis annosa* sekä juurien pinnalla tämän sienen nuoria itiöemiä.

Abb. 24. Ein gespaltener Lärchenstock, bei dem *Polystictus Schweinitzii* als Kernfäule und *Fomitopsis annosa* in den Wurzeln auftritt. Auf den Wurzeln weisse Fruchtkörper des letztgenannten Pilzes.

TUTKIMUKSIA SIPERIALAISEN LEHTIKUUSEN KASVUSTA SUOMESSA

M. LAPPI-SEPPÄLÄ

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DEN ZUWACHS
DER SIBIRISCHEN LÄRCHE IN FINNLAND
(REFERAT)

HELSINKI 1927
VALTIONEUVOSTON KIRJAPAINO

ALKULAUSE.

Tämä tutkielma lehtikuusen kasvusta on saanut alkunsa pysyvien koealojen mittaustyön yhteydessä kesällä v. 1924 Punkaharjun kokeilualueella. Mutta Raivolassa syyskuun 23 p:nä 1924 sattuneella suurella myrskytuholla, joka teki mahdolliseksi runsaan koepuuaineiston saamisen tuosta pohjoismaiden vanhimmasta lehtikuusimetsästä, on tärkeä osansa tutkimuksen syntymisessä.

Jättäessäni käsikirjoituksen painettavaksi tahdon tässä yhteydessä kiittää professori YRJÖ ILVESSALOA antamistaan hyvistä neuvoista tutkimustyön aikana sekä avustuksesta koepuiden valinnassa. Samaten on mieluisa velvollisuuteni kiittää professori OLLI HEIKINHEIMOJA käsikirjoituksen tarkastamisessa näkemästään väivasta ja sen ohessa antamistaan ohjeista. Maisteri ARNE SANDHOLMILLE, joka on valvonut analysiekikkojen sahausta Raivolassa lausun myöskin kiitokseni. Fil. tri VILJO KUJALLE olen kiitollisuuden velassa koealoilla tekemistään kasvillisuustutkimuksista, jotka hän ystävällisesti on jättänyt käytettäväkseni.

Vaivaloisessa kiekkojen mittauksessa suorittamastaan työstä kiitän myöskin veljeäni, tekn. ylioppilas ERKKI LAPPI-SEPPÄLÄÄ sekä ylioppilas LAURI MIETTISTÄ.

Helsingissä marraskuulla 1926.

Tekijä.

SISÄLTÖ:

	Sivu
Tutkimukset siperialaisen lehtikuusen (<i>Larix sibirica</i> Ledeb.) kasvusta sen luontaisella kasvualueella	5
Aikaisemmat tutkimukset lehtikuusen kasvusta sen luontaisen kasvu-alueen ulkopuolella	8
Tutkimusalueiden kuvaus	13
Tutkimustapa	23
Tutkimuksen tulokset	27
Lehtikuusen kasvu Suomessa	27
Pituus ja pituuskasvu	27
Läpimitta ja vahvuuskasvu	30
Kuutiomäärä ja kuutiokasvu	33
Lehtikuusen runkomuoto	35
Lehtikuusen kuoren vahvuus	37
Lehtikuusipuun laatu	39
Sydänpuumäärä	39
Kevät- ja kesäpuumäärä	41
Lehtikuusen kasvu Suomessa ja luontaisella kasvualueellaan toisiinsa verrattuina	42
Kirjallisuusluettelo	44
Referat	47
Liitteitä	57

TUTKIMUKSET SIPERIALAISEN LEHTIKUUSEN (*LARIX SIBIRICA* LEDEB.) KASVUSTA SEN LUONTAISELLA KASVUALUEELLA.

Siperialaisen lehtikuusen päälevenemisa-alue käsittää Koillis-Venäjän ja Lounais-Siperian metsäseudut (CAJANDER 1917). Lännessä sen levenemisa-alueen raja kulkee Äänis- (Onega) joen suulta Untojärven ja Vodlojärven kautta lähelle Äänisjärven itärantaa. Sieltä levenemisraja jatkuu Nishnij-Novgorodin ja Kasanin välillä lähelle Wolgaa ja kääntyen Kaama-joelle kulkee tämän itäpuolella joen suuntaisesti Permin kautta pitkälle pohjoiseen lähelle Petschora-joen latvoja, kaartaa siitä jyrkästi etelään ja kulkee Uralin länsirinnettä Ufan eteläpuolelle, kohdaten 53° tienoilla Aasian rajan. Siperiassa rajoittavat lehtikuusen ¹⁾ levenemistä etelään arot ja Keski-Aasian vuoret. Itäraja kulkee taasen Ob-joen suun tienoilta Witimskin ja Witim-joen seuduilta Jablonoivuoristoon. Siperialaisen lehtikuusen pohjoisraja saavuttaa 67° , jopa $68^{\circ}30'$ leveysasteen (Ljesnajan varrella).

Siperialainen lehtikuusi on siis tyypillinen pohjoisen havumetsävyöhykkeen kangasmetsien puulaji, joka paikoitellen Siperian länsiosissa esiintyy metsänrajoilla saakka. Euroopan Venäjällä muodostaa se harvoin puhtaita metsiköitä, vaan on sitä etupäässä sekapuuna mänty- ja kuusimetsissä (NEVRLI 1912, DROBOV 1914 TOVSTOLJES 1916). Ainoastaan jokien varsilla tavataan ka-peina vyöhykkeinä puhtaita lehtikuusimetsiä, tahi metsiä, joissa lehtikuusi on vallitsevana puulajina. Siperiassa lehtikuusi muodostaa laajoja puhtaita metsiä.

Vaikka lehtikuusella on huomattava merkitys Pohjois-Venäjän ja Siperian metsätaloudessa, on sen kasvua siellä sangen vähän tutkittu. Tämä johtunee siitä, että lehtikuusimetsät pääasiallisesti sijaitsevat seuduilla, joissa asutus on vähäistä, olot yksinkertaisia ja talouselämä alkuperäistä ja ekstensiivistä.

¹⁾ Seuraavassa tarkoitetaan yleensä aina lehtikuusella siperialaista lehtikuusta, ellei erikoisesti toisin mainita.

Kuvatessaan Euroopan Venäjän pohjoisia metsiä esittää NEVRLI (1912) myöskin eräitä lehtikuusimetsissä tekemiään mittauksia ja havaintoja niiden kasvusta. Erään hänen ottamansa koealan mukaan Kolodlivajoen varrella olevassa metsikössä, jossa lehtikuusta oli 0.3, kuusta 0.7 ja tiheys 0.7, oli lehtikuusi 176 vuoden ikäisenä saavuttanut 28—29 metrin pituuden ja sen kuutiomääräosuus hehtaarilla oli 115 m³. Lehtikuusen kasvua pitää NEVRLI olosuhteisiin katsoen erinomaisena. Petschora-joen varrella Ust-Ussaan saakka tapaa hän vielä suurempia lehtikuusimetsiä, alikasvuna pihtakuusta (*Abies sibirica*) ja cembramäntyä (*Pinus cembra*) sekä pihlajaa. Pintakasvillisuuden muodostavat Hypnum-sammaleet ja leveälehtiset ruohot. Eräistä metsiköistä otetun koealan mukaan on yksin lehtikuusten kuutiomäärä ha:lla n. 871 m³. Analysoidun koepuun pituus on 31.0 m, rinnankorkeuslähpimitta 38.4 cm ja kuutiomäärä 1.35 m³. Metsä on iältään noin 200-vuotinen.

DROBOV (1914) on tutkinut lehtikuusen kasvua sen levenemisalueen länsirajoilla Aunuksessa, Äänis- (Onega-) joen varsilla. Puhdaita lehtikuusimetsiä ei siellä ole, vaan esiintyy lehtikuusi tavallisesti sekapuuna, käsittäen useimmiten vain $\frac{1}{10}$, eikä aina sitäkään metsikön kuutiomäärästä. Useasti lehtikuuset kuitenkin kasvavat ryhmissä, eivätkä muodosta rungottaista sekametsää. Lehtikuusen kasvua on DROBOV tutkinut kolmessa analysoidussa lehtikuusikoepuussa, jotka hän on valinnut eri maaperätyypeiltä. Samoilla tyypeillä on hän myös tutkinut männyn ja kuusen kasvua runkoanalyysien avulla. Tulokset osoittavat, että lehtikuusi yleensä sekä pituuteen että lähpimittaan nähden on kaikilla tyypeillä kasvanut paremmin kuin mänty ja kuusi, lukuunottamatta ensi vuosikymmeniä, jolloin lehtikuusi n. 20 v. iälle saakka erällä tyypeillä on kasvanut niitä hitaammin. Pitäen käyttämänsä ainehistoa liian vähäisenä tekijä vallan oikein huomauttaa, ettei hän tutkimuksensa johdosta rohkene vetää yleisempiä johtopäätöksiä.

M. TSCHERNOBROVZEVIN (1926) tutkimuksen mukaan muuttuvat lehtikuusimetsiköt Euroopan Venäjän pohjoisosissa ja lehtikuusen luontaisen kasvialueen länsirajoilla vähitellen kuusikoiksi. Koska lehtikuusi on täälläkin nopeakasvuinen, ei lehtikuusimetsien leviämistä länteenpäin saata rajoittaa ilmastolliset, vaan todennäköisesti biologiset seikat.

Perusteellisin tutkimus lehtikuusen kasvusta sen luontaisella kasvialueella on TOVSTOLJESIN (1916) toimittama. Sekin käsittelee lehtikuusimetsiä Euroopan Venäjällä, Permin ja Kostroman kuvernementeissa. Aikaisemmin, v. 1903, oli hän tutkinut Suomessa sijaitsevan Raivolan lehtikuusimetsän kasvua (TOVSTOLJES 1907) ja oli hänen

tarkoituksensa vertauksen vuoksi selvittää lehtikuusen kasvusuhteita myöskin Venäjällä, lehtikuusen luontaisella kasvialueella. Koska lehtikuusi tutkimusalueella harvoin muodostaa puhtaita metsiä ja nekin puhtaat metsiköt, joita tavataan, ovat sangen pieniä, oli tutkimusainehiston löytäminen vaikeata. Ottamistaan 14 koealasta, oli hänen omasta mielestään ainoastaan kahdeksan tyydyttävää. Eivätkä nekään olleet puhtaita lehtikuusimetsiä, vaikkakin lehtikuusi oli vallitsevana puulajina. Tiheys ei myöskään ollut normaalin. Koealat olivat kooltaan $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{6}$ desjatiinaa,¹⁾ ja sijoitettiin ne mahdollisimman yhtenäiseen osaan metsikköä. Puut luettiin ja mitattiin jakaen ne samalla eri kehitysluokkiin, käyttäen 4, 3 tahi joskus 2 luokkaa (vallitsevat ja vallitut puut). Koepuiksi, joista tehtiin täydellinen runkoanalyysi kahden metrin välimatkoilla sahattujen kiekkojen perusteella, valittiin tavallisesti kolme valtapuuta; niistä edusti kukin vallitsevan puuston kolmen eri luokan (nim. päävaltapuiden, valtapuiden ja lisävaltapuiden) keskipuuta.

Taulukko 1. Lehtikuusikeskipuu Permin ja Kostroman kuvernementeissa Venäjällä boniteeteilla I—V.

(TOVSTOLJESin mukaan).

Tabelle 1. Lärchenmittelstamm in den Gouvernements Perm und Kostroma in Russland auf den Bonitäten I—V.

(Nach TOVSTOLJES).

Ikä v. Älter J.	Pituus Höhe m					Rinnankorkensläpimitta Brusthöhendurchmesser cm					Kuutiomäärä Volumen m ³				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
10	3.3	2.5	1.8	1.0	0.8	1.9	1.1	0.4	—	—	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
20	9.7	7.9	5.2	2.2	2.2	10.1	6.3	3.5	1.0	0.9	0.042	0.014	0.003	0.000	0.000
30	15.6	11.9	9.0	4.0	4.4	16.0	11.9	6.6	3.4	3.0	0.157	0.074	0.017	0.005	0.003
40	19.5	15.0	12.1	6.5	6.2	19.7	15.8	9.6	7.1	4.6	0.311	0.163	0.048	0.025	0.009
50	22.5	18.0	14.8	8.8	7.4	22.5	18.9	13.3	11.8	5.9	0.466	0.265	0.110	0.073	0.016
60	24.9	20.5	16.6	10.7	8.4	24.9	21.5	15.8	16.0	6.7	0.633	0.394	0.167	0.133	0.020
70	27.0	22.6	19.3	12.6	9.3	27.0	24.2	19.4	18.1	8.9	0.818	0.556	0.287	0.225	0.032
80	28.6	24.4	21.4	14.4	10.3	28.8	26.6	22.9	20.2	9.4	1.025	0.725	0.446	0.290	0.046
90	30.7	25.9	23.0	16.2	11.7	33.0	28.9	25.1	21.9	11.1	1.262	0.892	0.574	0.363	0.066
100	31.8	27.2	24.1	17.5	13.0	35.0	30.8	27.0	23.9	13.1	1.472	1.055	0.684	0.454	0.094
110	32.7	28.6	24.8	19.1	14.0	36.6	32.8	28.8	26.3	14.7	1.657	1.229	0.792	0.550	0.139
120	—	29.8	25.6	20.6	15.2	—	34.6	30.7	28.7	17.5	—	1.410	0.910	0.681	0.212
130	—	—	26.4	22.1	16.5	—	—	33.1	31.6	20.6	—	—	1.083	0.805	0.307
140	—	—	27.6	—	17.8	—	—	34.7	—	23.9	—	—	1.266	—	0.437
150	—	—	28.9	—	19.0	—	—	36.4	—	26.3	—	—	1.405	—	0.548
160	—	—	30.2	—	20.6	—	—	37.6	—	28.5	—	—	1.559	—	0.675
170	—	—	31.0	—	22.0	—	—	39.2	—	30.4	—	—	1.742	—	0.818
180	—	—	—	—	23.1	—	—	—	—	31.8	—	—	—	—	0.946

¹⁾ 1 desjatiina = 1.0925 ha.

Näiden kolmen runkoanalysin tulosten keskiarvot edustivat valta-puun kasvua koealalla. ¹⁾

Yksinomaan metsän kasvua silmällä pitäen jakoi TOVSTOLJES koealat eri boniteetteihin eli hyvyysluokkiin. Tällöin tulivat eri boniteetteja edustamaan seuraavat koealamäärät: I bon. 2 koealaa, II bon. 3 koealaa, III bon. 1 koeala, IV bon. 1 koeala ja V bon. 1 koeala. Tutkimuksen päätuloksia esittää taulukko I.

Sen mukaan saavuttaa lehtikuusen juokseva pituuskasvu maksiminsa (64 cm) I boniteetilla 15 v., II boniteetilla (54 cm) 15 v., III boniteetilla (38 cm) 25 v. ja IV boniteetilla (25 cm) 35 v. iällä. Keskimääräinen pituuskasvu on suurin I ja II boniteetilla n. 30 v., III boniteetilla n. 40 v. iällä ja IV boniteetilla n. 80 v. iällä. V boniteetilla keskimääräisellä pituuskasvulla on kaksi kulminatiokohtaa.

Läpimitan juokseva kasvu on suurin I boniteetilla (8.2 mm) ja II boniteetilla (5.2 mm) suunnilleen samaan aikaan n. 15 v. iällä. Läpimitan keskimääräinen kasvu saavuttaa maksiminsa samoilla boniteeteilla n. 30 ja 35 v. iällä. Kuutiomäärän juokseva kasvu on suurin parhailla boniteeteilla n. 70—90 v. iällä, keskimääräisen kasvun saavuttamatta tutkittuina ikäkausina vielä maksimiansa.

Lehtikuusen kasvusta Aasian Venäjällä, Siperiassa, ei tietävästi ole tehty tutkimuksia.

AIKAISEMMAT TUTKIMUKSET LEHTIKUUSEN KASVUSTA SEN LUONTAISEN KASVUALUEEN ULKOPUOLELLA.

Sensijaan, että eurooppalaista lehtikuusta jo vuosisatoja on viljelty Keski-Euroopassa ja Skandinaavian maissa, on siperialaisen lehtikuusen viljelys ulkopuolella sen luontaisen kasvualueen yleensä vielä sangen nuorta. Vanhimmat lehtikuusikulttuurit ovat Venäjällä ja sieltä siperialaisen lehtikuusen viljelys on Suomen kautta vasta 1890-luvulla levinnyt Ruotsiin ja Keski-Eurooppaan (SCHOTTE 1917).

Kahdella maatilalla Tulan kuvernementissa, Keski-Venäjällä, toimittamassaan tutkimuksessa metsän vaikutuksesta maaperän laatuun, on TKATCHENKO (1908) selvittänyt myöskin lehtikuusen kasvua. ²⁾

¹⁾ TOVSTOLJES esittää tulokset keskipuun kasvutuloksina.

²⁾ Paikkakunta, ollen lehtikuusen luontaisen kasvualueen ulkopuolella, kuuluu keski-venäläiseen tammi-ilmastoon. Vuotuinen sademäärä oli toisella. »Mochowoje»-tilalla toimitettujen mittausten mukaan ajanjaksona v. 1873—1902 keskim. 600 mm ja sademäärä kasvukautena (huhtikuu—joulukuu) 390 mm. »Aleksjewskoje»-maatilalla oli vuotuinen sademäärä ollut v. 1888—1905 keskim. 514 mm.

»Mochowoje»-tilalla oli mustanmullan peltomaalle rinnakkain perustettu mänty-, kuusi-, tammi- ja lehtikuusikulttuureja vuosina 1861—1870. Havupuut oli istutettu kaksi- ja kolmivuotisina taimina. tammi oli kylvetty. Metsikköjä, joiden kokonaispinta-ala oli n. 39.3 ha ja siitä kartan mukaan n. 8.4 ha lehtikuusiviljelyksiä, oli intensiivisesti hoidettu säännöllisien harvennushakkausten avulla. Mullaskerroksen vahvuus oli 0.65—0.75 m, senjälkeen alkoi kalkkipitoinen löss-maa. Metsänkasvu oli tällaisissa oloissa erinomainen. Lehtikuusikulttuurin nopeata kehitystä kuvaavat seuraavat luvut:

Ikä v.	Runkoluku ha:lla	Kuutiomäärä ha:lla m ³	Rungon keski-kuutio m ³
8	4 372	37.6	0.009
13	3 551	104.9	0.030
18	2 621	224.0	0.085
43 (v. 1905)	917	369.7	0.403

»Aleksejewskoje»-maatilalla oli lehtikuusimetsä perustettu myöskin peltomaalle v. 1875. Mullaskerroksen vahvuus oli täällä 0.52—0.58 m. Lehtikuuset istutettiin riveihin, joiden etäisyys toisistaan oli 6 kyynärää (n. 4.27 m), 1 $\frac{1}{4}$ kyynärän (n. 90 cm) päähän toisistaan, joten taimiluku oli desjatiinalla 2 880 (2 636 ha:lla). Kaksi vuotta myöhemmin istutettiin rivien väliin koivua, mutta ne poistettiin 14 v. kuluttua. V. 1897 toimitettiin ensimmäinen apuharvennus, jolloin poistettiin n. 157 puuta hehtaarilta. Tutkimusvuonna 1905 olivat molemmat metsiköt seuraavanlaisia:

Paikkakunta.	Ikä v.	Runkolu-ku ha:lla	Läpimitta-luokat cm	Keskiläpimitta rin-nankork. cm	Keskipituus m	Kuutiomää-rä ha:lla m ³
»Mochowoje»	43	810	10—26	19.8	22.3	283.2
		107	27—42	29.8	25.8	86.5
		917				369.7
»Aleksejewskoje»	30	654	9—22	18.9	18.5	203.0
		277	23—35	25.3	20.2	134.4
		931				337.4

Taulukko 2. Lehtikuusivaltapuiden keskipuu »Mochowoje»-maatilalla Tulan kuvernementissa Venäjällä.

(TKATSCHENKON mukaan).

Tabelle 2. Mittelstamm der herrschenden Lärchenstämme auf dem Gute »Mochowoje» im Gouvernement Tula, Russland.

(Nach TKATSCHENKO).

Ikä v. Alter J.	Pituus Höhe m	Juokseva vuot. pituuskaasu Laufend jährlicher Höhenzuwachs cm	Keskimäär. vuot. pituuskaasu Durchschnittl. jährlicher Höhenzuwachs cm	Rinnan kork. läpintä Brusthöhendurch- messer cm	Juokseva vuot. läpintäkaasu Laufend jährlicher Durchmesserzuwachs mm	Keskimäär. vuot. läpintäkaasu Durchschnittl. jährlicher Durchmesserzuwachs mm	Kuutiomaara Volumen m ³	Juokseva vuot. kuutiokaasu Laufend jährlicher Volumenzuwachs dm ³	Keskimäär. vuot. kuutiokaasu Durchschnittl. jährlicher Volumenzuwachs dm ³	Rinnan kork. muokitu Brusthöhenformzahl
5	1.30	86	26	—	7.0	—	—	1.013	—	—
10	5.60	93	56	6.95	13.2	7.0	0.010130	10.149	1.013	0.477
15	10.26	87	68	13.55	8.3	9.0	0.060874	18.158	4.058	0.411
20	14.60	60	73	17.70	4.0	8.9	0.151665	18.089	7.583	0.422
25	17.60	67	70	19.70	2.0	7.9	0.242109	15.899	9.684	0.451
30	20.94	53	70	20.70	2.8	6.9	0.321593	19.888	10.720	0.456
35	23.60	30	67	22.10	4.6	6.3	0.421035	31.671	12.030	0.465
40	25.41	21	64	24.40	7.0	6.1	0.579389	43.762	14.485	0.487
42	25.83		62	25.80		6.1	0.666914		15.879	0.494

Taulukko 3. Lehtikuusivaltapuiden keskipuu »Aleksejewskoje»-maatilalla Tulan kuvernementissa Venäjällä.

(TKATSCHENKON mukaan).

Tabelle 3. Mittelstamm der herrschenden Lärchenstämme auf dem Gute »Aleksejewskoje» im Gouvernement Tula, Russland.

(Nach TKATSCHENKO).

Ikä v. Alter J.	Pituus Höhe m	Juokseva vuot. pituuskaasu Laufend jährlicher Höhenzuwachs cm	Keskimäär. vuot. pituuskaasu Durchschnittl. jährlicher Höhenzuwachs cm	Rinnan kork. läpintä Brusthöhendurch- messer cm	Juokseva vuot. läpintäkaasu Laufend jährlicher Durchmesserzuwachs mm	Keskimäär. vuot. läpintäkaasu Durchschnittl. jährlicher Durchmesserzuwachs mm	Kuutiomaara Volumen m ³	Juokseva vuot. kuutiokaasu Laufend jährlicher Volumenzuwachs dm ³	Keskimäär. vuot. kuutiokaasu Durchschnittl. jährlicher Volumenzuwachs dm ³	Rinnan kork. muokitu Brusthöhenformzahl
3	0.50	27	17	—	—	—	—	0.003	—	—
6	1.30	127	22	—	9.3	—	0.000016	0.748	0.003	—
9	5.10	67	57	2.80	14.5	3.1	0.002261	3.936	0.251	—
12	7.10	67	59	7.15	9.7	6.0	0.014068	7.551	1.172	0.493
15	9.10	100	61	10.05	10.3	6.7	0.036722	12.255	2.448	0.509
18	12.10	100	67	13.15	6.8	7.3	0.073488	14.862	4.083	0.447
21	15.10	67	72	15.20	8.0	7.2	0.118074	22.179	5.623	0.431
24	17.10	50	71	17.60	7.3	7.3	0.184610	25.543	7.692	0.444
27	18.60	43	69	19.80	5.0	7.3	0.262237	24.947	9.714	0.458
30	19.90	10	66	21.30	5.7	7.1	0.337077	27.513	11.236	0.475
33	20.19		61	23.00		7.0	0.419615		12.719	0.502

Metsiköiden kasvua tutkittiin runkoanalysien avulla. Lehtikuusen kasvua esittävät taulukot 2 ja 3. Mänty- ja kuusikulttuurit olivat samana tutkimusvuonna »Mochowoje»-tilalla seuraavanlaisia:

Puulaji	Ikä v.	Runkokuha:lla	Läpimitta luokat	Keskiläpimitta rinnankork.	Keskipituus	Kuutiomäärä ha:lla
Mänty	41	548	12—22	19.3	20.4	166.5
		352	23—33	25.3	21.1	182.9
		900				349.4
Kuusi	42	721	12—21	18.0	20.6	200.9
		249	22—29	23.5	21.6	122.9
		970				323.8

Kokonaiskuutiomäärään nähden ovat siis mänty ja kuusi jääneet hiukan jälkeen lehtikuusesta. Varsinkin pituuskasvussa on lehtikuusi melkoista nopeampi. Se käy vielä selvemmin ilmi verrattaessa analysoitujen valtapuiden kasvua toisiinsa. Vielä 10 v. iällä ovat lehtikuusi ja mänty yhtä pitkiä, mutta 20 v. iällä on lehtikuusi jo 2.0 m, 30 v. iällä 3.6 m ja 40 v. iällä 4.5 m mäntyä pitempi. Kuusi jää lehtikuusesta pituuskasvussa vielä enemmän jälkeen. Myöskin läpimitta- ja kuutiokasvussa on lehtikuusi nopeampi, joskin erotus on paljon pienempi kuin pituuskasvussa.

Suomessa on lehtikuusta menestyksellä viljelty. Vanhin lehtikuusiviljelys Suomessa toimitettiin jo v. 1738, jolloin saksalainen metsänhoitaja FOCKEL Venäjän hallituksen toimesta perusti Raivolan lehtikuusimetsän Kronstadtin laivaveistämön raaka-ainetarvetta turvaamaan. (L. ILVESSALO 1916, 1923). Vasta 1860-luvulla voidaan kuitenkin katsoa lehtikuusiviljelyksen Suomen valtionmetsissä alkaneen. Kun lehtikuusta alkuaikoina pyrittiin kasvattamaan kotimaisten puulajien kanssa sekametsänä sekä jätettiin useimmat kulttuurit vaille tarpeellista hoitoa, ovat tulokset metsänviljelyksistä tämän takia joskus olleet huonot. Eräät lehtikuusikulttuurit ovat kuitenkin menestyneet erinomaisesti, osoittaen lehtikuusella olevan huomattavan metsätaloudellisen merkityksen Suomessa. Näiden lehtikuusiviljelysten joukosta mainittakoon etenkin Raivolan, Punkaharjun, Kiteen ja Vesijaon lehtikuusimetsät.

Koska lehtikuusen viljelys Suomessa — Raivolan lehtikuusikulttuuria lukuunottamatta — on verrattain nuorta, ei lehtikuusen kasvustakaan ole täällä varhaisemmin perinpohjaisia tutkimuksia tehty, vaan olivat ne etupäässä yksityisiä havaintoja ja laskelmia.

Jo v. 1903 joutui kuitenkin Raivolan lehtikuusikulttuuri ensi kerran tutkimuksen alaiseksi. Venäläinen metsänhoitomies TOVSTOLJES (1907) tutki lehtikuusen kasvua 18 runkoanalysin avulla, jotka otettiin eri osista metsää. Puiden kasvun mukaan jakoi hän WEBERIN¹⁾ tavoin mekaanisesti tutkimusaineiston viiteen boniteettiin. Tällöin tulivat metsässä I boniteettiin kuulumaan harjanteiden rinteet, jossa maaperä oli tuoretta, savensekaista hiekkaa, II boniteettiin tasaiset ylänneet, maaperältään likipitäen edellisen kaltaisia, III boniteettiin harjanteet, maaperältään kuivahkoa, matalapohjaista, savensekaista hiekkaa, IV boniteettiin lähellä pohjavettä sijaitsevat, kosteaperäiset alanteet ja V boniteettiin tasaiset, kosteat ja podsoloituneet maat. Asettamansa pysyvät koealat hän jakoi eri boniteetteihin seuraavasti: I bon. n:o 1, II bon. n:ot 2, 3, 4, III bon. n:o 5, IV bon. n:o 6 ja V bon. n:o 7. Vertauksen vuoksi mainittakoon, että nykyään luetaan koealat 1, 2, 3 ja 5 Oxalis-tyyppiin (OT), koealat 4 ja 6 Oxalis-Myrtillus-tyyppiin (OMT) ja koeala 7 Myrtillus-tyyppiin (MT) kuuluviksi.²⁾ Tasoitettuja tuloksia lehtikuusen kasvusta TOVSTOLJESIN käyttämissä hyvyysluokissa esittää taulukko 4.

Taulukko 4. Lehtikuusivaltapuiden keskipuu Raivolassa boniteeteilla I—V. (TOVSTOLJESin mukaan).

Tabelle 4. *Mittelstamm der herrschenden Lärchenstämme in Raivola auf den Bonitäten I—V. (Nach TOVSTOLJES).*

Ikä v. Alter J.	Pituus Höhe m					Rinnankorkensläpimitta Brusthöhendurchmesser cm					Kuutiomäärä (kuoretta) Volumen (ohne Rinde) m ³				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
20	7.0	6.4	5.2	4.6	4.2	10.7	10.5	8.8	8.2	7.9	—	—	—	—	—
30	13.2	11.0	9.6	8.9	7.5	15.1	14.6	12.7	11.8	11.2	0.170	0.150	0.135	0.125	0.115
40	17.9	15.0	13.5	12.5	10.7	18.5	17.8	15.7	14.6	13.8	0.260	0.225	0.195	0.180	0.165
50	22.0	18.7	16.9	15.8	13.7	21.3	20.6	18.2	16.9	15.9	0.395	0.315	0.265	0.240	0.215
60	25.2	21.6	19.7	18.3	16.3	23.9	22.9	20.5	19.0	17.8	0.575	0.465	0.380	0.325	0.280
70	28.0	24.3	22.3	20.7	18.4	26.2	25.1	22.5	20.9	19.5	0.770	0.640	0.495	0.425	0.360
80	30.1	26.6	24.8	23.1	20.4	28.2	27.0	24.3	22.6	21.1	0.980	0.815	0.640	0.525	0.440
90	32.0	28.6	26.8	25.2	22.4	30.1	28.8	26.0	24.1	22.5	1.185	0.975	0.780	0.630	0.530
100	33.4	30.2	28.3	27.0	24.2	32.0	30.6	27.6	25.6	23.9	1.385	1.140	0.920	0.730	0.620
110	34.5	31.7	29.7	28.4	25.8	33.8	32.3	29.2	27.1	25.1	1.585	1.305	1.060	0.830	0.710
120	35.5	32.9	30.9	29.7	27.2	35.4	33.7	30.6	28.5	26.3	1.785	1.470	1.200	0.930	0.795
130	36.3	33.9	32.0	30.9	28.4	37.0	35.3	32.1	29.7	27.5	1.985	1.640	1.335	1.030	0.885
140	36.9	34.7	33.0	32.0	29.5	38.6	36.7	33.4	30.9	28.7	2.185	1.800	1.470	1.130	0.975
150	37.3	35.3	33.8	32.8	30.6	40.0	38.1	34.6	32.1	29.8	2.380	1.960	1.610	1.230	1.065
160	37.7	35.8	34.5	33.4	31.5	41.3	39.4	35.9	33.3	30.9	2.580	2.125	1.750	1.330	1.155

¹⁾ RUDOLF WEBER, Forsteinrichtung (Berlin 1891).

²⁾ Myöhemmässä tutkimuksessaan (1916) verratessaan lehtikuusen kasvua Pohjois-Venäjällä ja Raivolassa toisiinsa toteaa TOVSTOLJES, että I, III ja V boniteetti Raivolassa vastaavat kolmea ensimmäistä boniteettia Pohjois-Venäjällä, joten kolmen hyvyysluokan käyttö Raivolassa olisi ollut riittävä.

Lehtikuusen kasvua ja etenkin sen viljelystä ja menestymismahdollisuuksia Suomessa on tutkinut L. ILVESSALO (1916, 1920, 1923). Hän on tehnyt mittauksia ja havaintoja useista Suomen lehtikuusimetsistä. Kasvututkimuksia on hän tehnyt etupäässä Raivolassa mitatessaan ja kartoittaessaan lehtikuusimetsän v. 1921. Vertailtaessa tällöin saatuja ja v. 1903 tehtyjen mittausten tuloksia toisiinsa tultiin lehtikuusimetsän kasvuun nähden seuraaviin tuloksiin:

Koealan n:o	Metsikön ikä v.	Metsä- tyyppi	Keskiläpimitan		Keskipituuden keskimäär. vuo- tuinen kasvu cm	Kuutiomäärän keskimäär. vuo- tuinen kasvu m³
			keskimäär. vuo- tuinen kasvu	vuotuinen kas- vu ajanjaksona 1903—1921		
(8)	(183)	(OT)	(0.24)	—	(21)	(8.9)
3	183	OT	0.23	0.23	21	5.4
5	»	»	0.20	0.16	20	4.3
6	»	OMT	0.21	0.15	20	4.4
1	148	OT	0.28	0.24	26	5.5
2	»	»	0.27	0.14	26	5.4 (5)
7	»	MT	0.25	0.17	21	3.6

Sen lisäksi kuvaa hän lehtikuusen aikaisempaa kasvua tekemänsä runkoanalyysin avulla.

V. LIHTOSEN (1925) havaintojen mukaan on siperialainen lehtikuusi Tuomarniemen virkatalolla keskinkertaisilla murtosoramailla kasvanut 20 v. iälle saakka pituutta suunnilleen yhtä nopeasti kuin mänty. Eurooppalainen ja Kurilien lehtikuusi ovat sitävastoin kehittyneet nopeammin.

Vaikka Skandinavian maissa siperialaisen lehtikuusen viljelys onkin verrattain nuorta, niin on sielläkin jo tehty eräitä tutkimuksia lehtikuusen kasvusta. (SCHOTTE 1917, L. MATSSON 1917).

TUTKIMUSALUEIDEN KUVAUS.

Lehtikuusen kasvuun kohdistuvat tutkimukset on tehty Raivolan ja Punkaharjun kokeilualueilla.

Raivolan kokeilualue ja lehtikuusimetsä sijaitsee Uudenkirkon pitäjän Vammelsuon kylässä, 4 km päässä Raivolan rautatieasemalta lounaaseen (60°14' pohj. lev. ja 29°35' it. pit.)

Lintulan joen molemmin puolin, pääasiallisesti kuitenkin sen itärannalla.

Ilmastoa, vuoriperää ja kasvullisuutta y. m. koskeviin tietoihin nähden viitataan tässä yhteydessä LAURI ILVESSALON (1923) tutkimukseen, joka myöskin antaa tarkat tiedot lehtikuusimetsän synnystä ja sen historiasta aina viime vuosiin saakka.

Lehtikuusimetsässä on edustettuna pääasiallisesti kolmeen erikaluokkaan kuuluvia metsiköitä joiden perustamisaikoina voidaan pitää vuosia 1738, 1773 ja 1811.

V. 1921 tehtyjen mittausten mukaan (L. ILVESSALO 1923) on varsinaisen lehtikuusimetsän pinta-ala 18.40 ha; sen lisäksi on alueella lehtikuusen ja kotimaisten puulajien sekametsiä. Lehtikuusimetsä on jaettu yhdeksään osastoon, joista viisi osastoa (I—V) sisältää puhtaita lehtikuusimetsiä. Metsään on sijoitettu lukuisia pysyviä koealoja, joista vanhimmat 7 asetti jo v. 1903 TOVSTOLJES (1907). Nämä mittasi uudelleen v. 1921 L. ILVESSALO (1923) sekä asetti I osastoon uuden koealan (n:o 8), joka käsittää lehtikuusikon puisevimman osan. V. 1924 on myöskin Metsätieteellisen koelaitoksen toimesta perustettu metsään eräitä uusia koealoja.

Viitaten L. ILVESSALON (1923) tutkimukseen, joka sisältää yksityiskohtaisia tietoja lehtikuusimetsän eri osastoista ja koealoilla toimitetuista mittaustuloksista, esitetään seuraavassa ainoastaan lyhyt yleiskatsaus metsästä ja sen kehityksestä.

Osa vanhimmista metsiköistä (osasto I) on perustettu hajakylvöllä, muut istuttamalla. Istutusväleinä ovat olleet joko 13×13 venäläistä jalkaa (3.96×3.96 m) osastoissa II a, III (L. ILVESSALO 1923)¹⁾ jolloin alkuperäinen taimiluku hehtaarilla on ollut 625 kpl., tahi 2×2 venäläistä syltä (4.27×4.27 m) eli 549 tainta hehtaarilla osastoissa II b, II c, IV ja V. Istuttamalla perustetut metsiköt ovat siis alkuaan olleet verrattain harva-asentoisia. Jo ennen keskiän saavuttamista ovat ne luultavasti silti jo kaivanneet metsänhoidollisia harvennushakkauksia edistämään luontaista harventumista ja antamaan puuyksilöille suurempaa kasvutilaa. Mutta minkäänlaisia harvennus- tahi väljennyshakkauksia ei metsässä koskaan — lukuunottamatta viime vuosia — tiedetä toimitetun. Metsänhoito on supistunut ainoastaan metsän puhdistamiseen, vartioimiseen ja suojaamiseen karjankäynniltä. Ainoastaan myrskytuhot tahi muut metsää kohdanneet vahingot ovat sitä varhaisemmin harventaneet.

Huomattavimmin ovat täten metsän tilaan vaikuttaneet ankarat myrskyt vuosina 1824, 1887, 1892, 1900, 1912, 1924 ja 1925.

¹⁾ TOVSTOLJESIN mukaan yleisesti 2×2 syltä eli 600 tainta 1 desjatiinan alalle (549 kpl. ha:lle).

Näistä oli syyskuun 23 p:nä v. 1924 sattunut myrskytuho valtavien kaataen tahi murtaen 634 lehtikuusta eli 8.8 % kaikkien alueella kasvavien lehtikuusten luvusta, ja kohdistui tuho etupäässä metsikön suurimpiin runkoihin (O. HEIKINHEIMO 1926).

Koska metsänhoidollisia hakkauksia ei lehtikuusimetsässä ole toimitettu, on se myöhäiselle iälle saakka pysynyt verrattain tiheänä. Luontaisen harventumisen kautta on tosin runkoja vuosittain poistunut, mutta silti on runkoluvun väheneminen käynyt hitaasti ja on metsikössä vieläkin korkeaan ikään nähden huomattava osa alkuperäisestä taimiluvusta jäljellä. Niinpä mainitsee GRESCHNER (1843), joka on v. 1842 toimittanut ensimmäisiä mittauksia ja arvioimisia lehtikuusimetsässä, että esim. III osastossa lehtikuusirivit olivat vielä täydelliset tai miltei täydelliset. Ja hänen mittaustuloksensa-kin osoittavat, että mainitussa osastossa oli 5" tahi sitä enemmän rinnankorkeudelta täyttäviä lehtikuusia 530 kpl. ha:lla.

Myöhemmin toimitetuista mittaustuloksista on ensi sijassa mainittava TOVSTOLJESIN (1907) v. 1903 toimittamat mittaukset. Yhteenvetoa niistä esittää (meidän oloihimme hieman muovailtuna) taulukko 5.

V. 1921 kartoitti L. ILVESSALO (1923) uudelleen koko lehtikuusi-
puiston mitaten myöskin kaikki lehtikuuset osastoittain. Hänen mittaustuloksensa käyvät ilmi taulukosta 6.

Punkaharjun valtiopuisto ja kokeilualue sijaitsevat samannimisessä pitäjässä (61°45'—50' pohj. lev. ja n. 29°17' it. pit.) käsittäen m. m. luonnonkauneudestaan ulkopuolella maan rajojenkin kuulun Punkaharjun.

Seudun lämpösuhteita valaisevat paikallisen meteorologisen aseman seuraavat lämpötilatiedot reduseerattuna ajanjaksoon vv. 1891—1920 (J. KERÄNEN 1925):

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Vuosi
—9.4	—10.2	—6.1	1.0	7.3	13.2	16.1	13.9	8.9	3.6	—2.3	—7.3	2.4°C

Kasvukauden (V—IX) keskilämpö on 11.9 ja vuotuinen vaihtelu 26.3. Huhtikuun 11 p:nä nousee lämpötila yleensä keväällä yli 0° ja syksyllä laskee alle 0° marraskuun 4 p:nä, joten lämpötila keskimäärin 207 päivänä vuodessa on yli 0°.

Kasvukauden kehitystä kuvaavat seuraavat — tosin laajempaa aluetta Keski-Suomessa edustavat — keskimääräiset aikaluvut: harmaaleppä kukkii alueella huhtik. 20 p:n vaiheilla, lehdet puhkeavat koivuun keskimäärin toukok. 18 p:nä ja haapaan kesäkuun ensi päivinä sekä tuomi alkaa kukkia touko- ja kesäkuun vaihteessa. Syksyllä varisee lehti haavasta lokak. 3—4 p:nä ja koivusta päivää myöhemmin. Koivun lehdessäoloaika on siis n. 140 päivää. (KUJALA 1924).

Taulukko 5. Raivolan

(TOVSTOLJESIN)

Tabelle 5. Der Lärchenwald

(Nach Tovs-

Osaston n:o Abteilung Nr	Pinta-ala Fläche ha	Ikä v. Bestandesalter J.	Runkokoku ha:lla Stammzahl pro ha kpl. St.	Vallittu puta Beherrschte Stämme %	Stammzahl von der ursprüng- lichen Pflanzen- zahl %	Rinnankorkeusläpimitta Brusthöhendurchmesser		
						suurin Max.	keski- määrin Mittel	pienin Min.
						cm		
I	1.9	164	474	32.0	?	78	36.3	19
II	9.3	150	304	25.0	55.4	76	41.0	10
III	3.0	130	339	10.8	61.5	67	38.7	11
IV	1.8	100	363	14.9	?	60	34.8	9
V	2.9	130	392	20.9	71.2	69	32.0	9
							37.0	

Taulukko 6. Raivolan lehtikuusimetsä v. 1921.

(L. ILVESSALON mukaan).

Tabelle 6. Der Lärchenwald bei Raivola i. J. 1921.

(Nach L. ILVESSALO).

Osaston n:o <i>Abteilung Nr</i>	Pinta-ala <i>Fläche</i> ha	Ikä v. <i>Bestandes-Alter J.</i>	Runkokoku ha:lla <i>Stammzahl pro ha</i> kpl. St.	Stammzahl von der ursprünglichen Pflanzenzahl %	Rinnankorkeus- läpimitta <i>Brusthöhendurch- messer</i>			Pituus <i>Höhe</i>		Osaston pituus <i>Die Höhe des auf- reinen Stammeis</i> %	Kuutiomäärä kuorineen <i>Volumen einschl. Rinde</i>	
					suurin <i>Max.</i>	keski- määrin <i>Mittel</i>	pienin <i>Min.</i>	suurin <i>Max.</i>	keski- määrin <i>Mittel</i>		ha kohti <i>pro ha</i>	runkoa kohti <i>pro Stamm</i>
					cm			m			m³	
I	1.76	183	469	?	83	42.2	13	42	37.4	50	1 040	2.22
II	9.34	148	289	51	83	45.6	13	42	38.2	—	748	2.59
III	2.53	148	376	60	75	42.2	13	42	38.2	49	885	2.35
IV	1.57	110	295	(54 ²)	67	39.6	10	38	34.7	49	543	1.84
V	3.20	148	334	61	73	39.4	13	40	33.4	47	578	1.73

Yleisin myrskysuunta on eteläinen; lounainen ja lännenpuolei-
nen tuuli on myös sangen tavallinen. (BONSDORFF 1917).

Vuotuinen sademäärä on KORHOSEN (1925) mukaan n. 550 mm.
Runsassateisin kuukausi on elokuu, ja kuivin vuodenaika on kevät.
Touko—elokuun aikana on sademäärä n. 240 mm.

Maaperän laatua käsitellään lehtikuusimetsän lähemmässä ku-
vauksessa.

Valtionpuistossa on useampiakin eri aikoina toimitettuja lehti-
kuusikulttuureja, mutta tärkein n. k. »Punkaharjun lehtikuusipuisto»

lehtikuusimetsä v. 1903.

mukaan).

bei Raivola i. J. 1903.

TOLJES).

Pituus Höhe			Oksattoman runko-osan pituus Die Höhe des astreinen Stammteils			Kuntomäärä ha kohti Volumen pro Ha m³
suurin Max.	keski- määrin Mittel	pienin Min.	suurin Max.	keski- määrin Mittel	pienin Min.	
m			m			
39	34.8	22	30	22.0	16		685
41	35.0	19	28	23.8	13	551
39	36.6	16	29	24.0	12	596
36	30.2	13	24	19.0	10	488
39	29.5	12	30	20.0	8	468
	36.0			27.0		

sijaitsee 1.0—1.5 km. päässä Punkaharjun asemalta luoteeseen, karttakuvioilla 55 a ja 58 jj. ¹⁾

Punkaharjun kokeilualueen lehtikuusikulttuurit saivat alkunsa v. 1877 senaatin metsähallitukselle antaman erityisen määräyksen johdosta. Tämän mukaisesti tuli Evon metsäopiston johtajan huolehtia siitä, että Punkaharjun valtionmaan hyljätuille torpanpelloille ja kaskimaille perustettaisiin metsäkulttuureja. Tarkoitus oli käyttää työhön metsäopiston sekä metsänvartijakoulun oppilaita, joille se muodostuisi sopivaksi käytännölliseksi harjoitteluksi.

Kesällä v. 1877 kävikin metsäopiston johtaja BLOMQVIST Punkaharjulla tutustumassa valtionpuistoon ja teki hän matkansa johdosta metsähallitukselle suunnitelman metsänviljelysten järjestelystä valtionpuistossa. Ensimmäinen työ, johon tämän mukaisesti jo samana syksynä ryhdyttiin oli 6 000 kpl. 4-vuotisen siperialaisen lehtikuusentaimen istuttaminen. Taimet saatiin metsäopiston taimitarhasta Evolta ja siemen lienee kotoisin Raivolasta. Koska metsänviljelystyöt ensimmäisenä vuonna supistuivat niin vähiin, ei työhön käytettykään metsäopiston oppilaita, ja määrättiin silloinen apulaismetsänhoitaja, nyk. metsäneuvos ROBERT MONTELL huolehtimaan työn suorituksesta. Hän perusti siten syksyllä v. 1877 n. k. »Punkaharjun lehtikuusipuiston.»

Se sijaitsee osaksi entisellä laihtuneella torpanpellolla, osaksi murtokivikankaalla ²⁾, ja käsittää kokonaisuudessaan 1.71 ha suu-

¹⁾ Kaikki kuvioviittaukset tarkoittavat v. 1925 Metsätieteellisen koe-laitoksen toimesta laadittua karttaa.

²⁾ BLOMQVIST'in mukaan »dels gammal, utsugen, stenig åker, dels svedjad, mager krosstensmark».

ruisen alan. Paikka on loivasti lounaaseen viettävä rinnemaa. Alueen pintakasvillisuus lieenee lehtikuusimetsän syntymisen ja nykypäivien välisenä aikana monin tavoin muuttunut. Niinpä kerrotaan, että 1890-luvulla maata peitti rehevä ruoho ja metsänvartija vuosittain korjasi metsästä runsaan heinäsadon. Nykyäänkin on kasvillisuus lehtikuusipuistossa sängen rehevä. (Kts. liite II.)

Istutukseen käytettiin 2 800 kpl. 4-vuotisia lehtikuusentaimia. Istutusrivit olivat suunnassa NNO—SSW 12 jalan ¹⁾ etäisyydellä toisistaan ja taimien keskinäinen välimatka riveissä oli 6 jalkaa. Vuonna 1880 täydennettiin istutusta 500 kpl:lla 3-vuotisia lehtikuusen taimia ja samalla istutettiin lehtikuusirivien väliin 2 980 kpl. 2-vuotisia männyntaimia. Männyistä kuoli kuitenkin heti suurin osa karistetautiin. Senvuoksi istutettiin seuraavana vuonna alalle uudelleen 1850 kpl. 1-vuotisia männyntaimia, mutta yhtä huonolla menestyksellä. Siten metsikkö — epäilemättä onneksi sen kehitykselle — jäi puhtaaksi lehtikuusikulttuuriksi. Vielä ilmoitetaan kulttuurikirjassa vuosina 1887 ja 1889 alalle istutetun 600 lehtikuusen tainta. Koska muut varhaiset muistiinpanot ja kertomukset lehtikuusitaimiston kasvusta ja kehityksestä eivät kuitenkaan kerro taimien knolleen ja siten syntyneiden aukkojen vaatineen täydennysistutusta, eivätkä myöskään mainitse sanallakaan mainitun lehtikuusikulttuurin yhteydessä vuosina 1887 ja 1889 toimitetuista istutuksista, on syytä epäillä, että mainittuja istutuksia ei laisinkaan ole tehty n. k. »Punkaharjun lehtikuusipuistossa», vaan kenties jollakin muulla kulttuurialalla, joita siihen aikaan oli jo sängen useita.

Eri aikoina tehtyjen havaintojen ja mittauksen sekä niistä tehtyjen muistiinpanojen perusteella voidaan saada jonkunlainen käsitys lehtikuusimetsän kehityksestä.

Niinpä mainitsee metsikön perustaja R. MONTELL kertomuksessaan v. 1882 valtionpuistossa suoritetuista töistä, että v. 1877 istutetut lehtikuuset ovat kasvaneet hyvin ja saavuttaneet muutamat jo 8—9 jalan pituuden.

V. 1885 kertoo A. B. HEIKEL eräässä kirjelmässään lehtikuusen voimakkaasta pituuskasvusta mainiten, että 36 työtuuman eli n. 89 cm pituisiakin vuosikasvaimia on mitattu ²⁾

V. 1892 on A. B. HEIKEL ottanut metsiköstä ensimmäisen koealan. Runkoluku, joka alkuaan istutusetäisyyden mukaisesti laskien oli ollut n. 1630 kpl. ha:lla, oli tällöin 1 208 kpl. ha:lla. Kuutiomäärä ha kohti oli 24 m³, lehtikuusten suurin pituus 11.5 m sekä keskipituus 7 m.

¹⁾ 1 jalka = 0.2969 m.

²⁾ Vrt. taulukko 11 ja graaf. taulu 5 ja 6.

V. 1903 ilmaantui lehtikuusikkoon *Nematus Erichsoniin* toukia. Myöskin seuraavana vuonna niitä tavattiin, jonka vuoksi maa kuokittiin syksyllä ja kalkittiin. Sittemmin ei toukkia ole näkynyt.

J. HACKSTEDT toimittaessaan v. 1907 metsänhoidon tarkastuksen valtionpuistossa mittasi ja luki puut koko lehtikuusimetsässä. Koko alueella oli tällöin lehtikuusia 1 239 kpl. ja mäntyjä 12 kpl. eli ha kohti lehtikuusia n. 725 kpl., joista 183 kpl. oli rinnankorkeudelta 30 (?) cm täyttäviä. Kuutiomääräksi ha kohti sai hän 146.6 m³, ja valtapuiden pituuden mainitsee hän 18 metriksi. Lehtikuusten lukumäärä oli tällöin, 30 vuoden kuluttua metsikön perustamisesta, vähentynyt jo yli 50 %:lla. Paitsi luontaista harvennusta olivat tähän epäilemättä vaikuttaneet myöskin varovaiset harvennukset, joita metsässä kerrotaan (J. HACKSTEDT 1907) useasti toimitetun.

Taulukko 7. Punkaharjun lehtikuusimetsä v. 1911.

(L. ILVESSALON mukaan.)

Tabelle 7. Der Lärchenwald bei Punkaharju i. J. 1911.

(Nach L. ILVESSALO.)

Rinnankorkeus läpimitta- Brusthöhen- durchmesser cm	Pituus Höhe m	Ennen harvennusta Vor der Durchforstung		Harvennuss määrä Durchforstet		Harvennuksen jälkeen Nach der Durchforstung	
		kpl. St.	kuutiomäärä (kuoretta) Volumen (ohne Rinde) m ³	kpl. St.	kuutiomäärä (kuoretta) Volumen (ohne Rinde) m ³	kpl. St.	kuutiomäärä (kuoretta) Volumen (ohne Rinde) m ³
10	15.0	1	0.04	1	0.04	—	—
12	16.5	4	0.28	4	0.28	—	—
14	18.0	—	—	—	—	—	—
16	19.0	2	0.30	1	0.15	1	0.15
18	19.5	15	3.00	12	2.40	3	0.60
20	20.0	11	2.75	6	1.50	5	1.25
22	20.0	14	4.20	6	1.80	8	2.40
24	20.5	10	3.50	2	0.70	8	2.80
26	20.5	7	2.80	3	1.20	4	1.60
28	20.5	15	7.05	2	0.94	13	6.11
30	20.5	10	5.40	1	0.54	9	4.86
32	20.5	4	2.48	—	—	4	2.48
34	21.0	4	2.76	—	—	4	2.76
36	21.0	3	2.28	—	—	3	2.28
38	21.0	—	—	—	—	—	—
40	21.0	1	0.90	—	—	1	0.90
Yht. koealalla Zusammen		101	37.74	38	9.55	63	28.19
Ha kohti Pro ha		808	301.92	304	76.40	504	225.52

Ensimmäinen voimakkaampi varsinainen harvennushakkaus toimitettiin lehtikuusipuistossa v. 1911. Samana vuonna oli metsiköstä LAURI ILVESSALO (1916) ottanut $\frac{1}{8}$ ha suuruisen koealan, jolla puut mitattiin ja luettiin sekä ennen että jälkeen harvennuksen. Siitä voidaan saada myöskin käsitys harvennushakkuun laadusta. Koealatulokset esitetään taulukossa 7.

Kuten ILVESSALO mainitsee on koeala edustanut keskimääräistä parempaa osaa metsiköstä. Sitä osoittaa myöskin runkoluku, joka

Taulukko 8. Punkaharjun lehtikuusimetsä v. 1924.

(Ennen harvennushakkausta.)

Tabelle 8. Der Lärchenwald bei Punkaharju i. J. 1924.

(Vor der Durchforstung.)

Rinnankork. läpimitta <i>Brusthöhe durchmesser</i> cm	Koeala n:o 7 a <i>Versuchsfläche nr 7 a</i>			Koeala n:o 7 b <i>Versuchsfläche nr 7 b</i>		
	Puuluku <i>Stammzahl</i>	Pituus <i>Höhe</i>	Kuutiomäärä (kuoretta) <i>Volumen (ohne Rinde)</i>	Puuluku <i>Stammzahl</i>	Pituus <i>Höhe</i>	Kuutiomäärä (kuoretta) <i>Volumen (ohne Rinde)</i>
	kpl. St.	m	m ³	kpl. St.	m	m ³
14	—	—	—	2	17.5	0.220
15	—	—	—	—	—	—
16	—	—	—	3	18.5	0.459
17	—	—	—	1	19.5	0.175
18	1	21.5	0.220	1	20.0	0.196
19	3	21.5	0.690	—	—	—
20	1	22.0	0.245	2	20.5	0.480
21	2	22.0	0.520	1	21.0	0.260
22	3	22.5	0.930	7	21.5	1.960
23	3	22.5	0.964	2	22.0	0.648
24	5	23.0	1.820	4	22.0	1.460
25	5	23.0	1.878	8	22.5	3.240
26	5	23.5	2.225	11	22.5	4.928
27	8	23.5	3.650	7	23.0	3.430
28	13	23.5	6.604	5	23.0	2.660
29	5	23.5	2.710	6	23.5	3.450
30	10	23.5	5.800	7	23.5	4.312
31	4	24.0	2.480	5	24.0	3.300
32	12	24.0	7.956	5	24.0	3.510
33	13	24.0	9.230	1	24.0	0.745
34	5	24.0	3.775	3	24.0	2.364
35	10	24.0	8.050	4	24.0	3.320
36	1	24.0	0.855	1	24.0	0.873
37	2	24.5	1.816	2	24.0	1.830
38	1	24.5	0.965	—	—	—
39	—	—	—	—	—	—
40	2	25.0	2.150	1	24.5	1.075
41	1	25.0	1.130	—	—	—
Summa <i>Zusammen</i>	115		66.663	89		44.895
Ha kohti <i>Pro ha</i>	460		266.65	494		249.41

ha kohti on melkoista suurempi kuin vielä neljä vuotta aikaisemmin. HACKSTEDTIN mukaan keskimäärin koko metsikössä. Myöskään kuutiomäärään nähden ei vertailua HACKSTEDTIN ja L. ILVESSALON tulosten välillä voida tehdä, sillä suuri eroitus johtuu ilmeisesti käytetyistä erilaisista menettelytavoista sekä muista häiritsevistä seikoista.

V. 1911 toimitettu harvennus on ollut verrattain voimakas, joskin poistetut puut lienevät kuuluneet etupäässä vallittuihin puuyksilöihin. Pari viikkoa harvennuksen jälkeen kaatoi myrsky vielä lehtikuusikosta 66 suurehkoa puuta (siis n. 39 kpl. ha:lta), harventaen siten metsikköä yhä.

V. 1924 luovutettiin Punkaharjun valtionmaat Metsätieteelliselle koelaitokselle erityisenä kokeilualueena hoidettaviksi. Koelaitoksen toimesta asetettiin samana vuonna lehtikuusikoon kaksi pysyvää koealaa. Koealatulokset käyvät ilmi taulukosta 8.

Koeala n:o 7 a, suuruudeltaan 0.25 ha, sijaitsee lehtikuusimetsän kaakkoisosassa, joka nähtävästi on ollut entistä torpanpeltomaata ja senvuoksi on kasvullisuudeltaan rehevää, edustaen Oxalis-tyyppiä. (Kts. kasvillisuusluetteloa liite II). Ennen lievää harvennusta, joka koealalla ja sen ympäristössä v. 1924 toimitettiin, oli siis metsikössä 460 runkoa ha kohti, jotka kaikki kuuluivat vallitsevaan puuluokkaan. Keskiläpimitta rinnankorkeudella oli kuorineen 30.0 cm. Valtapuupituus oli n. 24.0—24.5 m ja keskipituus 23.7 m. Kuutiomäärä oli kuorineen 349.8 m³ ja kuoretta 266.7 m³ ha:lla. Keskipuun kuutiomäärä oli 0.580 m³ (kuoretta). Lievässä harvennuksessa poistettiin 11.3 % runkoluvusta ja 6.6 % kuutiomäärästä.

Koeala n:o 7 b, suuruudeltaan 0.18 ha, sijaitsee lehtikuusikon länsiosassa, joka maaperältään on edellistä laihempaa ja kasvillisuutensa puolesta on luettava Oxalis-Myrtillus-tyyppiin. Ennen voimakasta harvennusta, joka tällä koealalla ja sen ympäristössä toimitettiin, oli koealalla 494 runkoa ha kohti, joista 478 vallitsevaan ja 46 vallittuun runkoluokkaan kuuluvia. Keskiläpimitta-rinnan korkeudella oli kuorineen 27.4 cm. Valtapuupituus oli 23.5—24.0 m ja keskipituus 23.1 m. Kuutiomäärä oli kuorineen 322.0 m³ ja kuoretta 249.4 m³. Keskipuun kuutiomäärä oli 0.504 m³ (kuoretta). Harvennuksessa poistettiin 28.1 % runkoluvusta ja 19.2 % kuutiomäärästä.

Edellä kootut, eri aikoina tehdyt havainnot lehtikuusimetsästä ovat runkolukuun ja pituusmittauksiin nähden varmimpia ja parhaiten rinnastettavia. Seuraava yhdistelmä niistä kuvaa tässä suhteessa parhaiten metsikön kehitystä:

Havainto vuosi	Metsikön ikä v.	Runkoluku ha:lla		Valtapuu- pituus m	Huomautuksia
		kpl.	% alku- peräisestä		
1882	9	—	—	n. 2	(Suurin pituus n. 2.5 m)
1892	19	1 208	74	n. 10—11	(» » » 11.5 m)
1907	34	725	44	17—18	
1911	38	808	49	20—21	Ennen harvennusta
1911	38	504	31	20—21	Jälkeen harvennuksen
1911	38	465	29	20—21	» syysmyrskyn
1924	51	460	28	24.0—24.5	Ennen harvennusta
1924	51	408	25	24.0—24.5	Jälkeen harvennuksen

Paitsi mainittua Punkaharjun vanhinta lehtikuusimetsää on Punkaharjun kokeilualueella myöskin nuorempia lehtikuusikulttuureja. Eräällä niistä, joka on perustettu v. 1902—03 istuttamalla, on myöskin tutkittu lehtikuusen kasvua. Metsikkö sijaitsee kokeilualueen pohjososassa (karttakuvio n:o 1 e), kuuluen Oxalis-Myrtillus-tyyppiin. (Kts. kasvillisuusluetteloa liitteessä II.) Paitsi lehtikuusia on alalle v. 1907 istutettu täydennykseksi 7-vuotisia ¹⁾ pihtakuusentaimia (*Abies sibirica*). Nykyään on lehtikuusi, vaikkakin verrattain harva-asentoisena kasvaen, vallitsevana puulajina ja pihtakuusta on ainoastaan alikasvoksena. Myöskin tähän metsikköön asetettiin v. 1924 pysyvä koeala, n:o 15 c. Koealalla oli ennen harvennusta lehtikuusia 900 kpl. ha:lla, keskiläpimitta rinnankorkeudella oli kuorineen 15.0 cm ja valtapuupituus 12 m. Lehtikuusten kuutiomäärä oli kuorineen 86.6 m³ ja kuoretta 66.2 m³.

Kuten edellä esitetystä lyhyestä katsauksesta tutkimuksenalaisen lehtikuusimetsien syntyyn ja myöhäisempään kehitykseen käy selville, on lehtikuusimetsä Raivolassa saanut koko kasvuaikinsa olla miltei täydellisessä luonnontilassa. Sensijaan on Punkaharjun lehtikuusimetsä ollut verrattain intensiivisen hoidon alaisena. Luontaista harventumista on metsikössä edistetty voimakkaillakin harvennuksilla, jotka ovat suoneet valoa vaativalle lehtikuuselle tarpeellisen kasvutilan. Niinpä on runkoluku Punkaharjun lehtikuusikossa jo nykyisellä iällään ainoastaan n. 25 % alkuperäisestä taimimäärästä ja ha kohti suunnilleen sama kuin Raivolan iäkkäässä lehtikuusimetsässä. Koska metsiköt ovat kehittyneet näin perin erilaisissa olosuhteissa, ei esilläolevassa tutkimuksessa ole voitu niiden kasvusuhteita käsitellä yhdessä, vaan erikseen. Rinnakkain käsiteltyinä ne juuri toisiaan täydentäen antavatkin käsityksen lehtikuusen kasvusta sekä hoidetuissa että hoitamattomissa metsi-

¹⁾ Työnjohtaja E. SIIRAN muistitietojen mukaan.

köissä, samalla kuin ne osoittavat metsänhoidollisten hakkausten merkityksen metsikön kehitykselle yleensä.

TUTKIMUSTAPA.

Tutkimus rajoittuu käsittelemään lehtikuusivaltapuiden kasvusuhteita ainoastaan parhailla kasvupaikoilla, Oxalis- ja Oxalis-Myrtillus-tyypeillä. Se perustuu pääasiallisesti runkoanalyysiin, jotka on tehty Punkaharjulla ja Raivolassa yhteensä 22 puusta. Vertailuainehistona on sitäpaitsi käytetty Punkaharjun pysyvillä koealoilla (n:ot 7 a, b) kaadettuja koepuita (39 kpl.) sekä Raivolassa syyskuun 23 p:nä 1924 myrskyn kaatamia puita (375 kpl.), joihin myöskin kuoritutkimukset perustuvat. Valtapuiden kasvusuhteita tutkittaessa on näistä tuulenkaadoista valittu käsiteltäväksi vanhimpaan ikäluokkaan kuuluvista Oxalis-tyypillä kasvaneista puista 56 kpl. ja Oxalis-Myrtillus-tyypin puista 60 kpl. pituutta silmällä pitäen, koska puiden kehitysluokkaa metsikössä ei muulla tavoin ole voitu määritellä. Sydänpuututkimuksia varten on tämän lisäksi analysoitu eräitä koepuita Vesijaon lehtikuusimetsiköstä. Kaikkiaan on tutkimuksen perustana käytetty 420 lehtikuusikoepuuta.

Raivolan lehtikuusimetsässä on täydellinen runkoanalyysi tehty 13 puusta, jotka pituutta ja läpimittaa silmällä pitäen on valittu lehtikuusimetsän eri osastoista edustavista puuyksilöistä. Koepuiden vallinnan Raivolassa on toimittanut prof. YRJÖ ILVESSALO. Näistä jätettiin tässä tutkimuksessa käsittelemättä kolme puuta, joista kaksi kuului vallittuihin puuyksilöihin sekä yksi oli mustikkatyypiltä. Koepuiden kasvupaikka, ikä, koko y. m. seikat selviävät liitteestä I.

Metsätyyppi on määrätty V. KUJALAN läheisillä pysyvillä koealoilla tekemien yksityiskohtaisten kasvillisuusmuistiinpanojen perusteella (kts. liite II) ja yhdenmukaisesti L. ILVESSALON (1921) Raivolan lehtikuusimetsää koskevan tutkimuksen ja kartan kanssa. Analysoitujen puiden kasvupaikka ja asema metsikössä on kartoitettu.

Punkaharjulla on runkoanalysipuut (9 kpl.) valittu kolmesta eri lehtikuusimetsiköstä (Metsätieteellisen koelaitoksen pysyvät koealat n:ot 7 a, b ja 15 c). Näistä edustaa yksi (n:o 7 a) Oxalistyyppin ja molemmat muut (n:ot 7 b ja 15 c) Oxalis-Myrtillus-tyypin kasvusuhteita. Koealojen kasvillisuusluettelot, jotka tri. V. KUJALA on ystävällisesti antanut käytettäväkseni, seuraavat liitteenä.

Metsikön tahi valtapuuston nykyinen keskipuu ei ole sellaisena ollut aina. Jo luontaisen harventumisen, mutta ennen kaikkea har-

vennushakkausten kautta on metsiköstä poistunut etupäässä juuri keskipuuta pienempiä puuyksilöitä. Jokainen tällainen poisto on siten saanut aikaan matemaattisen keskipuun siirtymisen vahvempaan läpimittaluokkaan. Sen vuoksi ei tutkimusta ole Punkaharjun lehtikuusimetsikössä keskitetty nykyisen keskipuun ympärille, vaan mieluummin siihen sekä sitä pienempiin, siis nykyiseen ja mahdollisesti aikaisempiin keskipuihin. Missään tapauksessa eivät siis tulokset tällöin ainakaan esitä mitään huippuarvoja.

Kiekot sahattiin kahden metrin päässä toisistaan, tasaisten (2, 4, 6 j. n. e.) metrulukujen päästä maanpinnasta.¹⁾ Senlisäksi otettiin kiekko 0.5 ja 1.3 metrin korkeudelta. Ennen sahausta mitattiin puun läpimitta kaulaimella jokaisesta mittakohdasta ja tutkittiin samaten kuoren vahvuutta kuorimittarilla. Jokaiseen kiekkoon merkittiin paitsi puun ja kiekon numeroa myöskin suunta-merkki, jotta kaikki mittaukset voitaisiin tehdä eri kiekkoissa tarkalleen samassa suunnassa. Kiekkojen sahausta Raivolassa on valvonut maisteri ARNE SANDHOLM, joka on laatinut myöskin koepuiden asemakartat sekä toimittanut yhden analysipuun mittaukset Raivolassa.

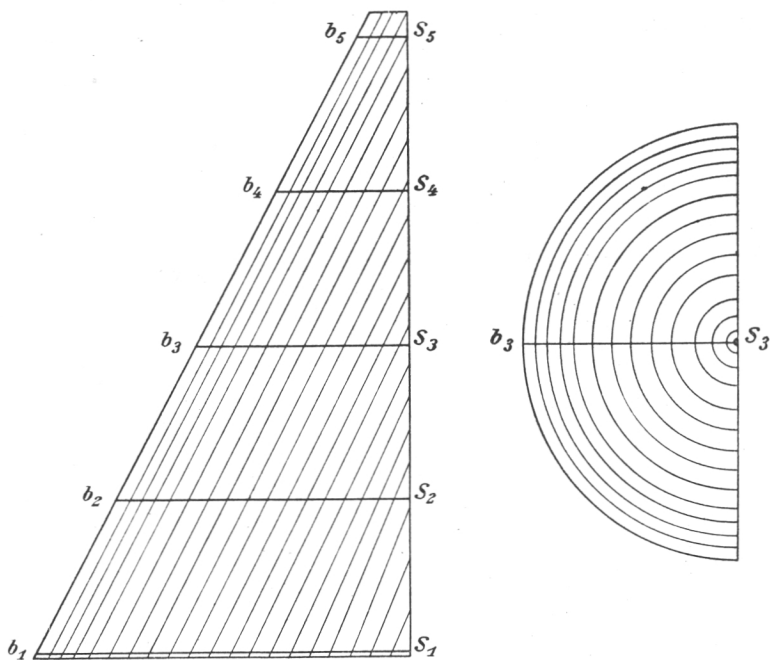
Muut analysipuut on tekijä mitannut Metsätieteellisellä koe-laitoksella tammi-helmikuun aikana v. 1925. Metsässä toimitettujen mittausten avulla on voitu tarkata kiekkojen kuivumista. Siitä johtuvat virheet on vältetty ahkerasti kiekkoja kastelemalla ja kosteassa paikassa säilyttämällä. Myöskin metsässä toimitetut ja kiekkoista tehdyt kuorimittaukset joutuivat vertailun alaisiksi. Tällöin havaittiin, että kuoren mittaaminen runkoanalysiekkoista ei antanut luotettavia tuloksia. Kuori varisee kiekkoista, kuinka huolellisesti niitä käsittelisikin, siinä määrässä, että runkoanalyseihin perustuvat kuorimittaukset, ellei niitä toimiteta heti sahauksen jälkeen metsässä, antavat aina liian pieniä tuloksia.

Kiekkojen mittaaminen toimitettiin millimetrin tarkkuudella kahdessa toisiaan vastaan kohtisuorassa säteen suunnassa. Kaikki mittaukset toimitettiin Punkaharjun koepuilla 5-vuotis- ja Raivolan 10-vuotisjaksoissa. Varsinkin Raivolan lehtikuusiekot antoivat laskettaessa paljon työtä. Lustoluvun määrittäminen täytyi useimmiten suorittaa suurennusta, jopa 30—40 kertaistakin, apuna käyttäen. Mahdollisten erehdysten välttämiseksi mitattiin kunkin puun rinnankorkeuskiekko lustoitain 0.1 mm:n tarkkuudella, ja tehtiin vertailevia tutkimuksia kalenterivuositain samanaikaisen vahvuuskasvun yhdenmukaisuudesta. (Vrt. E. LÖNNROTH 1925 siv. 108.)

¹⁾ Yksi analysi Raivolassa on käytännöllisistä syistä sahattu 2.75 m välimatkoilla.

Erikoista huomiota kiinnitettiin tapaan määrätä puun pituus ja pituuskasvu runkoanalysin avulla.

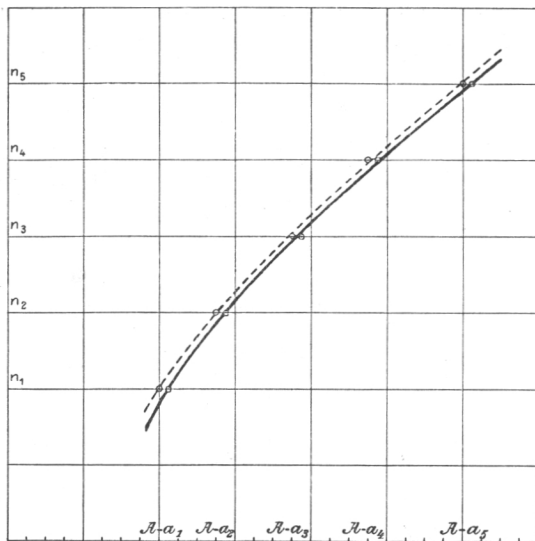
Runkoanalysissä kohdistuvat tutkimukset puun läpimitan mittaamiseen eri ikäkausina ja määrätyillä korkeuksilla maasta. Näiden mittausten sekä kiekoista luetun lustoluvun perusteella voidaan myöskin puun pituus kullakin iällä saada selville. Tämä saattaa tapahtua siten, että tehtyjen, läpimitaan kohdistuneitten mittausten perusteella kuvataan graafisesti puun runkokäyrä eri iällä, tavallisesti 5- tai 10-vuotisjaksoittain. Koska kaavamaisesti edeltäkäs määrätyiltä korkeuksilta tehdyt havainnot eivät voi seurata runkokäyrän kehitystä latvan huippuun saakka, on kunkin käyrän loppupää piirrettävä käsivaraisesti runkokäyrän yleistä suuntaa jatkaen. Näiden piirrostien avulla tulee puun pituus tutkittuina ikäkausina määrätyksi. Menetelmä on kuitenkin — etenkin vanhoilla puilla — sangen vaivaloinen sekä subjektiivisille vaikutteille altis.



Kuva 1. Kaavamainen kuva puunrungosta ja runkoanalysistä. Ainoastaan toinen puoli runkoa kuvattu. $s_1—s_5$ ydin, $b_1—b_5$ puunkuori, $s_1—b_1$, $s_2—b_2$ j. n. e. sahauskohdat.

Abb. 1. Schematisches Bild des Baumstammes und der Stammanalyse. Nur die eine Hälfte des Stammes wiedergegeben. $s_1—s_5$ Kern, $b_1—b_5$ Rinde, $s_1—b_1$, $s_2—b_2$ usw. Sägestellen.

Mutta kiekkoista luetun lustoluvun perusteella voidaan myöskin määrätä puun pituus eri iällä. Oletetaan, että analysipuun ikä on A vuotta ja määrätyiltä korkeuksilta $n_1, n_2, n_3, \dots, n_\mu$ metrin päästä maasta sahatuista kiekkoista laskettu lustoluku on $a_1, a_2, a_3, \dots, a_\mu$. (Kts. kuva 1.) Silloin oletetaan tavallisesti, että puun pituus (h) on $(A - a_\mu)$ iällä ollut n_μ metriä ja siten saadut pituusarvot graafisesti tasoittamalla esitetään puun pituus iän funktiona. (Kts. kuva 2.)



Kuva 2. Puun pituus iän funktiona. ----- systemaattisen virheen sisältävä käyrä, — oikea pituuskäyrä.

Abb. 2. Die Höhe des Baumes als Funktion des Alters. ----- Kurve mit dem systematischen Fehler. — Wirkliche Höhenkurve.

Menetelmä sisältää kuitenkin erään periaatteellisen ja systemaattisesti toispoikkeisen virheen; se antaa aina hieman liian suuria tuloksia. Puun pituus $(A - a_\mu)$ iällä on ainoastaan poikkeuksellisessa rajatapauksessa $= n_\mu$, vaan tavallisesti aina sitä pienempi. Virheen suuruus riippuu siitä, mille kohdalle silloista vuotuista pituuskasvainta (m) kiekon sahauskohta sattuu. Mitä lähempänä vuosikasvaimen tyveä mittakohta on, sitä pienempi on virhe (ϵ_h), joka taasen kasvaa vuosikasvaimen kärkeä kohti siirryttäessä. On ilmeistä, että virheellisyys lähenee raja-arvonansa nollaa ja arvoa m ; siis $m > \epsilon_h > 0$.

Koska virheen suuruus on etupäässä latvakasvaimen pituudesta riippuvainen, pysytellen sen suuruuden rajoissa, niin ei se puun vanhemmalla iällä tuota mainittavia pituusmittausvirheitä. Mutta pituuskasvun kulminatio-aikana 20—40 v. iällä, jolloin latvakasvain voi saavuttaa 40—100 cm pituuden puulajista, kasvupaikasta y. m. seikoista riippuen, saattaa menettelytapa aiheuttaa huomattaviakin virheellisyyksiä analysipuun pituutta määrittäessä.

Kiekkoa puusta sahattaessa vältetään luonnollisista syistä oksakiehkuran kohtaa ja sahataan siis aina jonkun aikaisemman vuoden latvakasvain poikki. Oikeinta on sen takia olettaa, että kiekko yleensä sahataan vuosikasvaimen keskeltä. Saavuttaakseen $n\mu$ korkeuden tarvitsee puu siis $(A - a_{\mu} + 1/2)$ vuotta eli kasvukautta. Puun pituutta esittävä käyrä tulee siis akseliristikossa siirtymään puolen vuoden mitan oikealle (Kuva 2). Menettelytavan virheeseen nähden vallitsee nyt epäyhtälö: $+m/2 > \epsilon_{(n)} > -m/2$. Virhemahdollisuusrajat ovat siis itseisarvoltaan pienentyneet puolella. Mutta tärkeintä on, että virhe nyt saattaa olla yhtähyvin negatiivinen kuin positiivinenkin, joten graafinen tasointus voi poikkeukset eliminoida.

TUTKIMUKSEN TULOKSET.

LEHTIKUUSEN KASVU SUOMESSA.

Pituus ja pituuskasvu.

Edellä esitettyä menetelmää käyttäen on kullekin analysoidulle puulle piirretty pituuskäyrä. Pituuskäyrän antamat arvot on tyyppittäin ja ikäluokittain yhdistetty ja laskettu niistä keskiarvot. Keskiarvot on lopuksi graafisesti tasoitettu (graaf. taulut 1 ja 4). Tulokset käyvät ilmi taulukoista 9 ja 11.

Pituuteen ja pituuskasvuun nähden käytetyt kasvullisuusluokat selvästi poikkeavat toisistaan, joskaan ero ei ole mikään huomattava. Vertailuainehiston mukaan (kts. taulukkoa 10) on lehtikuusivalta-puun keskipituus Raivolassa 186 v. iällä Oxalis-tyypillä 38.3 ± 0.212 m ja Oxalis-Myrtillus-tyypillä 36.8 ± 0.205 m.

Juokseva pituuskasvu saavuttaa Raivolassa molemmilla tyypeillä maksiminsa suunnilleen samaan aikaan n. 25—30 v. iällä. Keskimääräinen pituuskasvu on suurin molemmilla tyypeillä n. 40—45 v. iällä (kts. graaf. tauluja 2 ja 3). Juokseva pituuskasvu pienenee Raivolassa iän lisääntyessä hitaasti, esim. 120 v. iällä on se vielä 9 ja 11 cm.

Taulukko 9. Lehtikuusivaltapuun pituus ja pituuskasvu Raivolassa.

Tabelle 9. Höhe und Höhenzuwachs des herrschenden Lärchenstammes in Raivola.

Ikä v. Alter J.	Pituus Höhe m		Juokseva vuot. pituuskasvu Laufend jährlicher Höhenzuwachs cm		Keskimäär. vuot. pituuskasvu Durchschnittlich jährlicher Höhenzuwachs cm	
	OT	OMT	OT	OMT	OT	OMT
10	1.1	1.1	24	23	11	11
20	4.9	5.0	55	58	25	25
30	11.0	11.1	61	60	37	37
40	16.9	16.5	51	45	42	41
50	21.1	20.3	37	33	43	41
60	24.4	23.2	30	26	41	39
70	27.0	25.6	23	21	39	37
80	29.0	27.5	20	17	36	34
90	30.9	29.0	17	14	34	32
100	32.4	30.3	14	12	32	30
110	33.7	31.4	12	10	31	29
120	34.9	32.3	11	9	29	27
130	35.9	33.1	9	8	28	25
140	36.8	33.9	8	8	26	24
150	37.6	34.6	7	7	25	23
160	38.3	35.3	7	7	24	22
170	39.0	36.0	6	7	23	21
180	39.6	36.6	6	6	22	20

Taulukko 10. Lehtikuusivaltapuu Raivolassa.

(Käytetyn vertailuaineiston mukaan.)

Tabelle 10. Herrschender Lärchenstamm in Raivola.

(Nach dem verwendeten Vergleichungsmaterial.)

Metästyypin Waldtyp	Ikä v. Alter J.	Koeputken luku kpl. Anzahl der Pro- bestimme St.	Pituus Höhe m	Läpimitta eri korkeuksilla maasta Durchmesser in verschiedener Höhe über dem Erdboden			Kuutio- määrä Volumen m³	Rinnan- kork. muo- toluku Brusthöhen formzahl
				1.3 m	6.0 m	12.0 m		
				cm				
OT	186	56	38.3 ± 0.212	45.5 ± 1.068	38.8 ± 0.806	35.3 ± 0.722	2.721 ± 0.1232	0.438 ± 0.0228
OMT	186	60	36.8 ± 0.205	44.3 ± 0.712	37.8 ± 0.556	33.8 ± 0.498	2.490 ± 0.0702	0.439 ± 0.0142

Punkaharjulla on lehtikuusen pituuskasvu edistynyt ripeämin. Juokseva vuotuinen pituuskasvu saavuttaa siellä maksiminsa OT:llä jo 15—20 v. ja OMT:llä n. 20 v. iällä, ollen latvakasvain tällöin n. 80 cm pituinen (kts. graaf. taul. 5 ja 6). Sen jälkeen pienenee se verrattain nopeasti. Keskimääräinen pituuskasvu on suurin kummallakin tyyppillä suunnilleen samaan aikaan, n. 30 v. iällä.

**Taulukko 11. Lehtikuusivaltapuun pituus ja pituuskasvu
Punkaharjulla.**

*Tabelle 11. Höhe und Höhenzuwachs des herrschenden Lärchenstammes
in Punkaharju.*

Ikä v. Alter J.	Pituus Höhe m		Juokseva vuot. pituuskasvu Laufend jährlicher Höhenzuwachs cm		Keskimäär. vuot. pituuskasvu Durchschnittlich jährlicher Höhenzuwachs cm	
	OT	OMT	OT	OMT	OT	OMT
10	1.6	1.6	50	40	16	16
15	5.0	4.3	80	66	33	29
20	9.2	8.0	83	79	46	40
25	13.2	11.9	71	73	52	48
30	16.2	15.2	56	53	54	51
35	18.7	17.5	43	42	53	50
40	20.6	19.5	37	37	51	49
45	22.4	21.3	35	34	50	47
50	24.1	22.9	33	31	48	46

Valtapuun pituutta ja sen kasvua Raivolassa ja Punkaharjulla toisiinsa verrattaessa huomataan seuraavat tärkeimmät eroavaisuudet:

Lehtikuusi on saavuttanut Punkaharjulla melkoista suuremman pituuden kuin vastaavalla iällä Raivolassa. Esim. OT:llä on eroitus 20 v. iällä 4.3 m, 30 v. iällä 5.2 m, 40 v. iällä 3.7 m ja 50 v. iällä 3.0 m. Sekä juokseva että keskimääräinen vuotuinen pituuskasvu on Punkaharjulla saavuttanut suuremman maksimiarvon sekä sen n. 10—15 v. aikaisemmin kuin Raivolassa. Sitävastoin on juokseva pituuskasvu 45—50 v. iällä Punkaharjulla jo verrattain nopeasti laskemassa.

Mielenkiintoista olisi myöskin verrata lehtikuusen ja männyn pituuskasvua toisiinsa. Kotimaisten puulajien kasvua on kuitenkin toistaiseksi tutkittu ainoastaan täysitiheissä luonnonmetsissä joten saavutetut tulokset eivät ole suorastaan verrannollisia. Istutetun lehtikuusimetsän ja luonnonmännikön valtapuun kasvun (Y. ILVESSALO 1920), vertailu on siis tehtävä varovaisesti, erilaista syntytapaa ja metsikön erilaista tiheyttä silmälläpitäen.

Lehtikuusi näyttää nuorempana, varsinkin taimi-iällä, olevan mäntyä hidaskasvuisempi. Raivolassa on lehtikuusi noin 35 v. iälle saakka ollut luonnonmännikön valtapuuta lyhyempi, mutta sen jälkeen voittaa se kyllä männyn pituudessa. Ero esim. OMT:llä on pituudessa 40 v. iällä 0.7 m, 50 v. iällä 1.3 m, 60 v. iällä 1.8 m, 70 v. iällä 2.3 m, 80 v. iällä 2.8 m ja 90 v. iällä 3.4 m.

Juokseva vuotuinen pituuskasvu on lehtikuusella n. 15—20 ikävuodesta alkaen suurempi kuin männyllä. Ero on esim. OMT:llä 20 v. iällä 7 cm, 30 v. iällä 14 cm, 40 v. iällä 8 cm, 50 v. iällä 6 cm, 60 v. iällä 3 cm, 70 v. iällä 4 cm, 80 v. iällä 6 cm ja 90 v. iällä 6 cm. Juokseva pituuskasvu saavuttaa samalla tyypillä maksiminsa männyllä — 51 cm — n. 20 v. iällä, lehtikuusella — 61 cm — n. 25 v. iällä.

Keskimääräisen pituuskasvun suhde männyllä ja lehtikuusella on luonnollisesti samanlainen kuin pituudenkin. Maksiminsa — 39 cm — saavuttaa se männyllä jo 30—45 v. iällä ja lehtikuusella Raivolassa — 41 cm — n. 40—45 v. iällä.

Lehtikuusen kasvua Punkaharjun hoidetuissa metsiköissä ei voida verrata luonnontilassa kasvaneitten kotimaisten puulajien kasvuun, ja koska viimeksi mainittujen kasvusta hoidetuissa metsiköissä ei ole riittäviä tutkimuksia, jää lopullisen vertailun tekeminen toistaiseksi. Vanhimmat mäntykulttuurit Vesijaon ja Punkaharjun valtionpuistoissa osoittavat kuitenkin, että mänty todennäköisesti pituuteen ja pituuskasvuun nähden jää lehtikuusesta jällelle.

Läpimitta ja vahvuuskasvu.

Läpimittaa ja sen kasvua on runkoanalysin avulla tutkittu 1.3 m korkeudella s. o. rinnankorkeudella sekä Raivolan lehtikuusimetsässä myöskin 6 ja 12 m korkeudella maasta. Läpimitan mittaamista rinnankorkeudelta on varsinkin tieteellisissä tutkimuksissa yleisimmin käytetty; käytännöllisessä metsätaloudessa ovat kuitenkin muutkin mittakohdat — esim. ajateltujen sahatukkien latvaläpimitat — yleisiä sekä merkityksellisiä. Tämän johdosta, sekä samalla puun muototutkimuksia silmälläpitäen, ei ole rajoitettu yksinomaan rinnankorkeusläpimitan tutkimiseen.

Runkoanalysimittausten perusteella saadut läpimitta-arvot yhdistettiin tyypittäin ja ikäluokittain sekä laskettiin siten saaduista sarjoista keskiarvot. Näitä ei kuitenkaan laskettu läpimittojen aritmeettisena keskiarvona, vaan vastaavien pohjapinta-alojen keskiarvoa vastaava läpimitta edusti läpimittasarjan keskiarvoa.

Ainehiston valitsemistavasta sekä sen pienuudesta johtuen oli läpimitan vaihtelu samalla iällä ja samalla metsätyypillä melkoinen. Kuitenkin kuvanee keskiarvo ja etenkin sen kehitys todellisia kasvusuhteita tutkimusalueilla.

Täten saadut keskiläpimitat on graafisesti tasoitettu. (Graaf. taulut 7, 8 ja 11.) Tasoitettujen arvojen perusteella on laskettu

myöskin läpimitan juokseva ja keskimääräinen kasvu. Tulokset on esitetty taulukoissa 12—15.

Taulukko 12. Lehtikuusivaltapuun rinnankorkeusläpimitta ja sen kasvu Raivolassa.

Tabelle 12. *Brusthöhendurchmesser und dessen Zuwachs bei dem herrschenden Lärchenstamm in Raivola.*

Ikä v. Alter J.	Rinnankork. läpimitta kuoretta <i>Brusthöhendurchmesser ohne Rinde</i> cm		Läpimitan juokseva vuot. kasvu <i>Laufend jährlicher Durchmesserzuwachs</i> mm		Läpimitan keskimäär. vuot. kasvu <i>Durchschnittlich jährlicher Durchmesserzuwachs</i> mm	
	OT	OMT	OT	OMT	OT	OMT
10	—	—	—	—	—	—
20	5.8	5.9	7.0	6.9	2.9	2.9
30	13.0	13.0	6.8	6.9	4.3	4.3
40	18.6	18.5	4.7	4.6	4.6	4.6
50	22.7	22.5	3.5	3.4	4.5	4.5
60	25.7	25.5	2.7	2.7	4.3	4.2
70	28.1	28.0	2.2	2.3	4.0	4.0
80	30.1	30.1	1.9	2.0	3.8	3.8
90	31.9	32.0	1.8	1.8	3.5	3.6
100	33.6	33.8	1.7	1.7	3.4	3.4
110	35.3	35.4	1.6	1.6	3.2	3.2
120	36.9	36.9	1.6	1.5	3.1	3.1
130	38.5	38.3	1.5	1.4	3.0	2.9
140	40.0	39.6	1.5	1.3	2.9	2.8
150	41.5	40.9	1.5	1.3	2.8	2.7
160	42.9	42.2	1.4	1.3	2.7	2.6
170	44.3	43.5	1.4	1.2	2.6	2.6
180	45.7	44.8	1.4	1.2	2.5	2.5

Läpimitaan ja sen kasvuun nähden on eroitus käytettyjen hyvyysluokkien OT:n ja OMT:n välillä sangen pieni etenkin Raivolassa. Punkaharjulla on ero melkoista selvempi.

Rinnankorkeusläpimitan juokseva kasvu saavuttaa maksiminsa Raivolassa molemmilla tyypeillä samanaikaisesti, n. 25 v. iällä. Keskimääräinen kasvu on suurin molemmilla tyypeillä n. 40 v. iällä. (Graaf. taulut 9 ja 10.) Punkaharjulla saavuttaa läpimitan juokseva kasvu maksiminsa jo varhaisella taimi-iällä, n. 10 v. ikäisenä. Keskimääräinen kasvu saa suurimman arvonsa siellä myöskin jo n. 25—30 v. iällä. (Graaf. taulut 12 ja 13.)

Samaten kuin pituuteen nähden, on lehtikuusi myöskin läpimitaan ja sen kasvuun nähden kehittynyt hoidon alaisena Punkaharjulla huomattavasti paremmin kuin Raivolassa. Esim. OT:llä on eroitus rinnankorkeusläpimitassa 20 v. iällä 5.4 cm, 30 v. iällä 5.7 cm, 40 v. iällä 3.5 cm ja 50 v. iällä 1.8 cm. Sekä juokseva että

Taulukko 13. Lehtikuusivaltapuun läpimitta 6 m korkeudella ja sen kasvu Raivolassa.

Tabelle 13. Durchmesser in 6 m Höhe und dessen Zuwachs bei dem herrschenden Lärchenstamm in Raivola.

Ikä v. Alter J.	Läpimitta 6 m korkeudella kuoretta Durchmesser in 6 m Höhe ohne Rinde cm		Läpimitan juokseva vuot. kasvu Laufend jährlicher Durchmesserzuwachs mm		Läpimitan keskimäär. vuot. kasvu Durchschnittlich jährlicher Durchmesserzuwachs mm	
	OT	OMT	OT	OMT	OT	OMT
20	—	—	—	—	—	—
30	7.5	7.8	7.3	7.3	2.5	2.6
40	14.5	14.5	6.1	5.7	3.6	3.6
50	19.3	19.2	3.8	3.5	3.9	3.8
60	22.4	22.0	2.8	2.5	3.7	3.7
70	24.9	24.3	2.2	2.1	3.6	3.5
80	26.9	26.3	1.8	1.8	3.4	3.3
90	28.5	28.0	1.5	1.5	3.2	3.1
100	30.0	29.4	1.4	1.3	3.0	2.9
110	31.4	30.6	1.3	1.2	2.9	2.8
120	32.7	31.7	1.2	1.1	2.7	2.6
130	33.9	32.8	1.2	1.1	2.6	2.5
140	35.0	33.9	1.1	1.1	2.5	2.4
150	36.1	35.0	1.0	1.0	2.4	2.3
160	37.1	36.0	1.0	1.0	2.3	2.2
170	38.1	37.0	1.0	1.0	2.2	2.2
180	39.1	37.9	1.0	0.9	2.2	2.1

Taulukko 14. Lehtikuusivaltapuun läpimitta 12 m korkeudella ja sen kasvu Raivolassa.

Tabelle 14. Durchmesser in 12 m Höhe und dessen Zuwachs bei dem herrschenden Lärchenstamm in Raivola.

Ikä v. Alter J.	Läpimitta 12 m korkeudella kuoretta Durchmesser in 12 m Höhe ohne Rinde cm		Läpimitan juokseva vuot. kasvu Laufend jährlicher Durchmesserzuwachs mm		Läpimitan keskimäär. vuot. kasvu Durchschnittlich jährlicher Durchmesserzuwachs mm	
	OT	OMT	OT	OMT	OT	OMT
30	—	—	—	—	—	—
40	7.9	7.2	7.1	6.7	2.0	1.8
50	14.0	13.5	5.2	5.2	2.8	2.7
60	18.5	17.5	3.6	3.2	3.1	2.9
70	21.4	20.3	2.4	2.6	3.1	2.9
80	23.5	22.7	1.9	2.0	2.9	2.8
90	25.2	24.4	1.6	1.7	2.8	2.7
100	26.8	25.9	1.5	1.4	2.7	2.6
110	28.2	27.2	1.4	1.2	2.6	2.5
120	29.6	28.3	1.3	1.1	2.5	2.3
130	30.9	29.4	1.3	1.1	2.4	2.2
140	32.2	30.4	1.2	1.0	2.3	2.1
150	33.4	31.4	1.2	1.0	2.2	2.1
160	34.6	32.4	1.1	1.0	2.2	2.0
170	35.8	33.4	1.1	0.9	2.1	2.0
180	36.9	34.3	1.1	0.9	2.0	1.9

Taulukko 15. Lehtikuusivaltapuun rinnankorkeuslöpimitta ja sen kasvu Punkaharjulla.

Tabelle 15. *Brusthöhendurchmesser und dessen Zuwachs bei dem herrschenden Lärchenstamm in Punkaharju.*

Ikä v. Alter J.	Rinnankork. löpimitta kuoretta <i>Brusthöhendurchmesser ohne Rinde</i> cm		Löpimitan juokseva vuot. kasvu <i>Laufend jährlicher Durchmesserzuwachs</i> mm		Löpimitan keskimäär. vuot. kasvu <i>Durchschnittlich jährlicher Durchmesserzuwachs</i> mm	
	OT	OMT	OT	OMT	OT	OMT
10	0.8	0.7	10.9	9.8	0.8	0.7
15	6.2	5.6	10.4	9.7	4.1	3.7
20	11.2	10.4	9.6	9.0	5.6	5.2
25	15.7	14.6	7.7	6.5	6.3	5.8
30	18.7	17.3	4.6	4.0	6.2	5.8
35	20.6	19.0	3.4	3.0	5.9	5.4
40	22.1	20.4	2.7	2.5	5.5	5.1
45	23.4	21.6	2.4	2.2	5.2	4.8
50	24.5	22.6	2.1	2.0	4.9	4.5

keskimääräinen löpimittakasvu ovat saavuttaneet Punkaharjulla melkoista suuremman maksimiarvon sekä sen n. 15 v. aikaisemmin kuin Raivolassa. Juokseva löpimittakasvu osoittaa Punkaharjulla 40—50 v. iällä kuitenkin sangen voimakasta laskua. Ja ilman jatkuvia hoitohakkauksia lehtikuusi Punkaharjulla tuskin jaksaa löpimitan puolesta kauempaa pysyä nopeakasvuisempana.

Myöskin löpimittaan nähden on lehtikuusi kehityksessään Raivolassa nuorella iällä jäänyt jälkeen hoitamattoman luonnon-normaalisen männikön valtapuusta. (Y. ILVESSALO 1920.) Mutta n. 35 v. iällä saavuttaa se männyn vahvuuskasvussa ja kehitty senjälkeen nopeammin kuin mänty. Niinpä on OMT:llä ero rinnankork. löpimitassa 40 v. iällä 0.8 cm, 50 v. iällä 1.9 cm, 60 v. iällä 2.1 cm, 70 v. iällä 2.1 cm, 80 v. iällä 1.9 cm ja 90 v. iällä 1.8 cm.

Rinnankorkeuslöpimitan juokseva kasvu on lehtikuusella n. 20 v. iältä alkaen suurempi kuin männyllä. Myöhäisemmällä iällä — n. 80 v. iän saavutettua — on se molemmilla puulajeilla miltei samanlainen. Maksiminsa — 7.1 mm — saavuttaa vuotuinen juokseva kasvu lehtikuusella Raivolassa n. 15 v. myöhemmin kuin mänty samalla tyypillä.

Löpimitan vuotuinen keskimääräinen kasvu saa suurimman arvonsa lehtikuusella n. 10 vuotta myöhemmin kuin männyllä ja saavuttaa se molemmilla tällöin saman maksimiarvon, 4.6 mm.

Kuutiomäärä ja kuutiokasvu.

Runkoanalysimittausten perusteella laskettiin myöskin analysoitujen koepuiden kuutiomäärä (kuoretta) eri ikäkausina. Niistä

lasketut keskiarvot tasoitettiin graafisesti. (Graaf. taulut 14 ja 17.)
Lehtikuusivaltapuun kuutiomääräkäyrä kohoaa taimi-iällä hitaasti,
keski-iällä yhä jyrkemmin noustakseen ja alkaa vanhemmalla iällä

**Taulukko 16. Lehtikuusivaltapuun kuutiomäärä ja kuutiokasvu
Raivolassa.**

Tabelle 16. *Volumen und Volumzuwachs bei dem herrschenden
Lärchenstamm in Raivola.*

Ikä v. Alter J.	Kuutiomäärä (kuoretta) Volumen (ohne Rinde) m ³		Juokseva vuot. kuutiokasvu Laufend jährlicher Volumzuwachs dm ³		Keskimäär. vuot. kuutiokasvu Durchschnittlich jährlicher Volumzuwachs dm ³	
	OT	OMT	OT	OMT	OT	OMT
10	—	—	—	—	—	—
20	0.010	0.010	2.7	2.6	0.5	0.5
30	0.070	0.060	10.0	9.2	2.3	2.0
40	0.220	0.200	18.1	16.4	5.5	5.0
50	0.420	0.378	20.7	18.4	8.4	7.6
60	0.630	0.565	21.1	18.8	10.5	9.4
70	0.840	0.752	20.7	18.6	12.0	10.7
80	1.043	0.937	19.9	18.2	13.1	11.7
90	1.240	1.115	19.6	17.4	13.9	12.4
100	1.435	1.284	19.4	16.5	14.4	12.8
110	1.629	1.444	19.3	15.8	14.8	13.1
120	1.822	1.600	19.2	15.5	15.2	13.3
130	2.014	1.755	19.2	15.5	15.5	13.5
140	2.205	1.910	19.1	15.5	15.7	13.7
150	2.395	2.065	19.0	15.5	16.0	13.7
160	2.585	2.220	19.0	15.5	16.2	13.9
170	2.775	2.375	19.0	15.5	16.3	14.0
180	2.965	2.530	19.0	15.5	16.5	14.0

**Taulukko 17. Lehtikuusivaltapuun kuutiomäärä ja kuutiokasvu
Punkaharjulla.**

Tabelle 17. *Volumen und Volumzuwachs bei dem herrschenden Lärchen-
stamm in Punkaharju.*

Ikä v. Alter J.	Kuutiomäärä (kuoretta) Volumen (ohne Rinde) m ³		Juokseva vuot. kuutiokasvu Laufend jährlicher Volumzuwachs dm ³		Keskimäär. vuot. kuutiokasvu Durchschnittlich jährlicher Volumzuwachs dm ³	
	OT	OMT	OT	OMT	OT	OMT
10	—	—	—	—	—	—
15	0.009	0.007	4.2	3.5	0.6	0.5
20	0.044	0.035	16.5	8.5	2.2	1.8
25	0.132	0.095	17.1	16.0	5.3	3.8
30	0.215	0.178	16.5	15.3	7.2	5.9
35	0.297	0.243	16.3	12.7	8.5	6.9
40	0.378	0.306	16.2	12.6	9.5	7.7
45	0.459	0.369	16.2	12.6	10.2	8.2
50	0.540	0.432	16.2	12.6	10.8	8.6

vähitellen painua vähän alemmas. Suurin piirtein katsoen lähentelee se keski-ialtä lähtien suoraa viivaa. (Vrt. Y. ILVESSALO 1920, graaf. taulu n:o 50.) Tasoitettujen kuutiomääräarvojen perusteella on laskettu myöskin kuutiomäärän juokseva ja keskimääräinen kasvu. (Graaf. taulut 15, 16, 18 ja 19.) Tulokset on esitetty taulukoissa 16 ja 17.

Lehtikuusivaltapuun kuutiomäärässä Oxalis- ja Oxalis-Myrtillus-tyypillä on selvä ero. Jo nuorelta (20 v.) ialtä alkaen on kuutiomäärä Oxalis-tyypillä suurempi kuin Oxalis-Myrtillus-tyypillä ja vanhemmalla iällä käy erotus entistä suuremmaksi. Myöskin vertailuainehistosta laskettu keskikuutiomäärä on OT:llä melkoista suurempi kuin OMT:llä. (Vrt. taul. 10).

Juokseva vuotuinen kuutiokasvu saavuttaa Raivolassa suurimman arvonsa Oxalis-tyypillä 50—60 v. ja Oxalis-Myrtillus-tyypillä 60—70 v. iällä eli siis verrattain myöhään ja laskee senjälkeen sangen hitaasti. Keskimääräinen kasvu ei kummallakaan tyypillä ole vielä 180 v. iällä saavuttanut maksimiaan.

Punkaharjulla saa juokseva vuotuinen kuutiokasvu suurimman arvonsa Oxalis-tyypillä 20—25 v. ja Oxalis-Myrtillus-tyypillä 25—30 v. iällä.

Verrattaessa taasen lehtikuusivaltapuun kuutiomäärää samanikäisen mäntymetsän valtapuun kuutiomäärään (Y. ILVESSALO 1920) huomataan, että lehtikuusi, kuten pituutta ja läpimittaa tarkasteltaessa jo edellä on havaittu, kasvattaa melkoista suuremman rungon sekä sen lyhyemmässä ajassa kuin mänty. Etenkin lehtikuusen kasvu-energian pitkäaikaisuus vielä myöhäisellä iällä Raivolassa herättää huomiota.

LEHTIKUUSEN RUNKOMUOTO.

Puun runkomuodon määrittäminen sekä tieteellisiä että käytännöllisiä tarkoituksia vastaavalla, tyydyttävällä tavalla on metsätieteellisen tutkimustyön vaikeimpia tehtäviä. Koska perusteelliset muototutkimukset vaativat myöskin laajaa tutkimusainehistoa, ei esillä olevassa tutkielmassa ole lehtikuusen runkomuodon perinpohjaiseen selvittelyyn voitu ryhtyä.

Kuitenkin on tutkittujen koepuiden rinnankorkeusmuotoluku määrätty eri ikäkausina. Samaten on runkomuodon kehitystä Raivolassa tutkittu JONSONIN (1911) mukaisesti pyrkimällä määräämään lehtikuusen runkokäyrä eri ikäkausina ja käyttämällä rinnankorkeusläpimittaa rungon vahvuuden mittalukuna eri korkeuksilla runkoa. Tuloksia esittävät taulukot 18 ja 19.

Taulukko 18. Lehtikuusivaltapuun runkomuoto ja sen kehitys Raivolassa.

Oxalis-tyyppi.

Tabelle 18. *Stammform der herrschenden Lärche und ihre Entwicklung in Raivola.*

Oxalis-Typ.

Ikä v. Alter J.	Rinnankorkeus- muotoilu Brusthöhenform- zahl	Rinnankorkeus- Höhe m 0,5 m korkeudella in 0,5 m	Rungon läpimitta % rinnankork. läpimitasta seuraavilla korkeuksilla: Durchmesser in % des Brusthöhendurchmessers in folgenden Höhen:								
			10	20	30	40	50	60	70	80	90
			% rinnankorkeuden yläpuolella olevasta runko-osasta (H—1,3 m) % von dem über Brusthöhe befindlichen Stammteil (H—1,3 m)								
30	0.455	106	92	87	80	68	54	44	34	23	13
40	0.479	106	93	86	78	70	64	53	40	27	13
50	0.491	107	94	87	80	75	67	57	45	32	18
60	0.498	108	95	88	83	76	69	61	51	37	20
80	0.505	110	93	87	83	77	70	61	53	38	21
100	0.499	111	92	87	82	77	70	62	52	39	20
120	0.488	112	91	86	81	78	69	62	52	40	21
140	0.477	113	90	85	80	75	69	61	52	39	20
160	0.467	115	88	85	80	74	69	61	51	38	20
180	0.457	116	87	84	80	74	68	61	51	39	20

Taulukko 19. Lehtikuusivaltapuun runkomuoto ja sen kehitys Raivolassa.

Oxalis-Myrtillus-tyyppi.

Tabelle 19. *Stammform der herrschenden Lärche und ihre Entwicklung in Raivola.*

Oxalis-Myrtillus-Typ.

Ikä v. Alter J.	Rinnankorkeus- muotoilu- Brusthöhen- formzahl	Rinnankorkeus- Höhe in 0,5 m	Rungon läpimitta % rinnankork. läpimitasta seuraavilla korkeuksilla: Durchmesser in % des Brusthöhendurchmessers in folgenden Höhen:								
			10	20	30	40	50	60	70	80	90
			% rinnankorkeuden yläpuolella olevasta runko-osasta (H—1.3 m) % von dem über Brusthöhe befindlichen Stammteil (H— 1,3 m)								
30	0.410	114	83	75	67	60	53	44	34	23	12
40	0.450	111	91	85	79	72	62	48	36	26	14
50	0.468	110	93	87	82	74	64	56	45	33	16
60	0.477	111	93	88	82	75	70	59	49	38	17
80	0.479	114	93	87	82	76	68	61	52	38	21
100	0.473	117	91	86	80	75	68	61	51	38	21
120	0.463	120	90	85	80	74	68	60	51	38	21
140	0.455	123	91	85	79	73	68	60	49	38	21
160	0.448	126	88	83	78	72	67	60	49	38	19
180	0.440	128	86	82	77	71	66	58	49	36	19

Koska rinnankorkeuslöpimitta vanhemmalla iällä selvästi joutuu lehtikuusen tyvilaaientuman vaikutuspiiriin (kts. graaf. tauluja 7 ja 8) eivät siihen perustuvat suhteelliset luvut kuitenkaan enää täydellisesti kuvaa itse runkokäyrän laatua (vrt. CAJANUS 1911).

Löpimitan kehitys 6 ja 12 m korkeudella (kts. taul. 13 ja 14) esittää myös lehtikuusirungon kapenemista. Lisäksi on laskettu vertailuainehistona Raivolassa käytettyjen koepuiden rinnankorkeusmuotoluku. Tämä oli Oxalis-tyypillä 0.438 ± 0.0228 ja Oxalis-Myrtillus-tyypillä 0.439 ± 0.0142 . (Taulukko 10.) Kaikki muototutkimukset on tehty kuoren alta.

LEHTIKUUSEN KUOREN VAHVUUS.

Kuten aikaisemmin (siv. 24) on mainittu, ei runkoanalyysimittausten antamia tuloksia kuoren vahvuuteen nähden voitu pitää luotettavina, vaan olivat ne kuoren varisemisen johdosta todellista pienempiä.¹⁾ Kuorenvahvuuden määrittämiseen eivät myöskään riitä vain muutamat koepuut, sillä kuoren vahvuus vaihtelee melkoisesti eri puuyksilöillä (vrt. Y. ILVESSALO 1916 ja LÖNNROTH 1925). Sen vuoksi on lehtikuusen kuoren vahvuuden määrittämiseksi käytetty mahdollisimman suurta koepuuainehistoa.

Tutkimuksen alaisena on ollut sekä kuoren prosenttinen osuus koko puun kuutiosta että myöskin kuoren vahvuus prosenteissa rinnankorkeuslöpimitasta. Tutkimus on tällöinkin kohdistunut ainoastaan lehtikuusivaltapuihin. Koepuut Raivolan lehtikuusikosta on tosin ainoastaan koon, etupäässä pituuden, perusteella arvosteltu valtapuiksi ja valittu käytettäviksi (vrt. siv. 23).

Tutkimusainehisto on ryhmitetty iän ja metsätyypin perusteella. Kussakin ryhmässä erikseen on laskettu kuoriprosentin keskiarvo sekä siihen liittyvä keskivirhe. Tuloksia esittävät seuraavat taulukot:

¹⁾ Suurta eroavaisuutta luonnossa toimitettujen ja kiekkoista mitattujen tulosten välillä kuvaa seuraava taulukko:

	Kuoren prosenttinen osuus kuutiosta eri koepuilla Raivolassa.										
	1	2	3	4	5	7	8	9	10	13	Σ
Analysiekiekoista mitattu	15.7	13.6	15.9	15.9	11.5	14.3	13.0	12.3	16.7	19.5	14.3
Ennen sahausta »	22.3	16.4	22.2	22.4	15.8	20.6	18.5	20.3	24.0	22.0	20.1

Taulukko 20. Kuoren prosenttinen osuus puun kuutiosta.

Tabelle 20. Prozentualer Anteil der Rinde an dem Volumen des Stammes.

Kokeilunalue <i>Versuchsrevier</i>	Ikä v. <i>Alter J.</i>	OT		OMT	
		Koepuiden luku kpl <i>Anzahl der Probestäm- me St</i>	Keskiarvo keski- virheineen <i>Mittelwert nebst mittlerem Fehler %</i>	Koepuiden luku kpl <i>Anzahl der Probestäm- me St</i>	Keskiarvo keski- virheineen <i>Mittelwert nebst mittlerem Fehler %</i>
Punkaharju	51	20	23.30 ± 0.507	19	24.68 ± 0.405
Raivola	113	21	21.36 ± 0.470	26	21.88 ± 0.486
	152	145	20.86 ± 0.195	35	21.10 ± 0.404
	186	71	20.41 ± 0.292	77	20.64 ± 0.277

Taulukko 21. Kuoren prosenttinen osuus rinnankorkeuslähimitasta.

Tabelle 21. Prozentualer Anteil der Rinde an dem Bruthöhendurchmesser.

Kokeilunalue <i>Versuchsrevier</i>	Ikä v. <i>Alter J.</i>	OT		OMT	
		Koepuiden luku kpl <i>Anzahl der Probestäm- me St</i>	Keskiarvo keski- virheineen <i>Mittelwert nebst mittlerem Fehler %</i>	Koepuiden luku kpl <i>Anzahl der Probestäm- me St</i>	Keskiarvo keski- virheineen <i>Mittelwert nebst mittlerem Fehler %</i>
Punkaharju	51	20	13.55 ± 0.394	19	14.92 ± 0.459
Raivola	113	21	13.69 ± 0.578	26	13.69 ± 0.579
	152	145	13.23 ± 0.247	35	13.19 ± 0.488
	186	71	13.20 ± 0.318	77	13.80 ± 0.341

Taulukoista huomataan, että kuoren suhteellinen vahvuus on suurin piirtein katsoen valtapuun iästä riippuvainen, vähentyen iän — ja sen mukana puun koon — kasvaessa. Kuitenkaan ei enää esim. Raivolassa, siis yli sadan vuoden ikäisillä puilla, voida varmuudella tuota riippuvaisuutta todeta, vaan on keskiarvojen eroitus sangen pieni eroituksen keskivirheeseen verrattuna.

Samaten ei voida myöskään varmuudella todeta kuoren vahvuuden riippuvaisuutta kasvupaikasta. Tosin näyttää siltä kuin kuori paremmalla kasvupaikalla olisi hiukan ohuempi kuin huonommalla, mutta tässäkin suhteessa on eroitus liian pieni virhemahdollisuu-teen verrattuna (vrt. Y. ILVESSALO 1916). Yleensä osoittautuu lehti-kuusi sangen paksukuoriseksi kotimaisiin havupuihin verrattuna. Männyn kuorenvahvuus rinnankorkeudella — joka tosin eri paikka-kunnilla ja eri tutkijain mukaan huomattavasti vaihtelee (vrt. LÖNNROTH 1925) — on esim. Y. ILVESSALON (1916) mukaan Myrtillus-tyypin valtapuilla 7.5 % ja Calluna-tyypillä 9.0 %.

Myöskin TOVSTOLJES (1907) ja L. ILVESSALO (1916 ja 1923) ovat tehneet mittauksia lehtikuusen kuoren vahvuudesta. TOVSTOLJESin mukaan vaihteli kuoren prosenttinen osuus puun kuutiosta vallitsevilla puilla Raivolassa 13—19 %:iin ollen keskimäärin 16 %. ILVESSALON mukaan on keskimääräinen kuoriprosentti 183- ja 148-vuotissa lehtikuusissa myöskin n. 16 vaihdellen eri koepuilla 25.0—13.1 %:iin.

Tekijän tulokset lehtikuusen kuorenvahvuudesta ovat edellisiä huomattavasti suuremmat (vrt. myös O. HEIKINHEIMO 1926). Eroitus johtunee osittain edellämainittujen tutkijain käytettävissä olleesta sangen pienestä tutkimusainehistosta; mutta niin suuren ja määrätynsuuntaisen poikkeuksen täytyy johtaa alkunsa erilaisesta mittaustavasta. Sen sijaan että tekijän kuorimittaukset on tehty kuorimittarilla kaadetusta puusta metsässä, lienee ainakin TOVSTOLJESin tulokset saatu runkoanalysiekiekoista mittaamalla.

LEHTIKUUSIPUUN LAATU.

Sydänpuumäärä.

Lehtikuusipuun kestävyys lahoamista vastaan on yleisesti tunnettu (vrt. BLOMQVIST 1887, L. ILVESSALO 1916 y. m.). Tämä, kuten puun muutkin teknilliset ominaisuudet, johtuu suureksi osaksi lehtikuusen rungon sydänpuun runsaudesta.

Sydänpuun kestävyys, kyky säilyä pilaantumattomana, on huomattavasti suurempi kuin mantopuun. Tämä johtuu jo sydänpuun vähäisestä vesipitoisuudesta mantopuuhun verrattuna.¹⁾ Mantopuu sisältää puun ravintoaineita: tärkkelystä, sokeria y. m., jotka ovat käymiselle alttiita ja houkuttelevat tuhosiäniä sekä loisolioita käymään puuhun käsiksi. Sydänpuun soluissa on sitävästoin pihka-, parkki- ja väriaineita, jotka lisäävät puun kestävyyttä. Puutavaran sydänpuumäärällä on siis taloudellisessa suhteessa oma merkityksensä ja ansaitsee se erikoista huomiota. Sentähden olisi tärkeätä erikoisin tutkimuksin selvittää sydänpuumuodostusta eri puulajeilla sekä sen riippuvaisuutta erilaisista kasvutekijöistä.

Esillä olevassa tutkimuksessa on lehtikuusen sydänpuumäärästä tehty mittauksia eri ikäisissä puissa. Paitsi Punkaharjulla ja Raivolassa on tätä tarkoitusta varten analysoitu eräitä puita myöskin Vesijaon valtionpuistossa.

¹⁾ Esim. R. HARTIG'in tutkimusten mukaan vaihtelee männyn sydänpuun vesipitoisuus 12—20 %, mantopuun sisältäessä vettä 50—60 % (A. BENJ. HELANDER 1918).

Lehtikuusen sydänpuu on väriltään kaakaonruskeata ja on se pintapuusta selvästi eroitettavissa. Se ei seuraa mitään määrättyä vuosilustoa, mutta esiintyy kuitenkin rungon läpileikkauksessa verrattain säännöllisenä kuviona. Kaikista mitatuista runkoanalyysiekiekoista mitattiin myöskin sydänpuun läpimitta kahdessa toisiaan vastaan kohtisuorassa suunnassa. Mittausten avulla voitiin sydänpuu koepuissa kuutioida. Tuloksia esittää taulukko 22.

Taulukko 22. Lehtikuusen sydänpuumäärä.

Tabelle 22. Kernholzmasse des Lärchenstammes.

Kokeilualue <i>Versuchsrevier</i>	Ikä v. <i>Alter J.</i>	Koepuiden luku kpl <i>Anzahl der Probestämme St</i>	Sydänpuuta keskimäärin <i>Kernholz durchschnittl. m³</i>	Kuoreton kuutio kes- kimäärin <i>Volumen ohne Rinde durchschnittl. m³</i>	Sydänpuuta % <i>Kernholz %</i>	
					Keskimäärin <i>Durchschnittl.</i>	Vaihtelurajat <i>Variations- grenzen</i>
Vesijako	16	4	0.0005	0.0034	14.7	7—17
Punkaharju	25	3	0.0343	0.0870	39.4	21—48
Vesijako	35	2	0.0383	0.0963	39.8	36—43
Punkaharju	51	7	0.3113	0.4739	65.7	57—72
Raivola	113	2	1.3204	1.7115	77.1	75—79
»	151	2	2.0350	2.6284	77.4	77—78
»	186	6	2.2587	2.8557	79.1	73—83

Taulukko 23. Männyn sydänpuumäärä.

Tabelle 23. Kernholzmasse des Kiefernstammes.

Ikäluokka v. <i>Alterklasse J.</i>	Koepuiden luku kpl <i>Anzahl der Probestämme St</i>	Sydänpuuta keskimäärin <i>Kernholz durchschnittl. m³</i>	Kuoreton kuutio keskimäärin <i>Volumen ohne Rinde durchschnittl. m³</i>	Sydänpuuta % <i>Kernholz %</i>	
				Keskimäärin <i>Durchschnittl.</i>	Vaihtelurajat <i>Variations- grenzen</i>
51— 60	5	0.0066	0.0707	9.3	7—13
61— 70	10	0.0169	0.1063	15.9	11—26
71— 80	10	0.0409	0.1576	26.0	19—32
81— 90	14	0.0751	0.2376	31.6	10—48
91—100	12	0.0859	0.2524	34.0	26—64
101—120	10	0.1249	0.3452	36.2	21—48
121—160	4	0.1365	0.3472	39.3	26—61

Aikaisemmin on tekijä v. 1919 Siikakankaan harjoitusalueella tutkinut männyn sydänpuumuodostusta mustikka-, puolukka- ja kanervakankailla. Männyn sydänpuumäärää eri ikäkausina mainittujen mittausten perusteella esittää taulukko 23.

Vaikkakaan tulokset eivät ole suorastaan toisiinsa verrattavia kasvupaikka- y. m. tekijäin ollessa erilaiset, niin on kuitenkin sel-

västi havaittavissa lehtikuusen kaikkina ikäkausina suurempi sydänpuumäärä mäntyyn verrattuna. (Kts. myös graaf. taulua 20). Sen sijaan, että männyn sydänpuumuodostus alkaa vasta 30—40 v. iällä, on jo nuorella lehtikuusentaimella sydänpuuta havaittavissa. Ja vanhemmalla iällä käsittää sydänpuu, jota manto vain kapeana kerroksena ympäröi, suurimman osan lehtikuusen rungosta (vrt. TOVSTOLJES 1907).

Sydänpuumäärä vaihtelee eri osissa runkoa. Myöskin tässä suhteessa eroaa sydänpuumuodostus lehtikuusella ja männyllä toisistaan. Lehtikuusella pienenee suhteellinen sydänpuumäärä säännöllisesti tyvestä latvaan päin siirryttäessä. Tekijän aikaisemmat tutkimukset sitävastoin osoittavat, että männyllä on sydänpuuta suhteellisesti runsaimmin n. 3—5 m korkeudella maasta (vrt. myös PILZ 1907).

Kevät- ja kesäpuumäärä.

Myöskin kevät- ja kesäpuumäärästä riippuvat useat puun teknilliset ominaisuudet. Kesäpuun muodostuessa kevätpuuta tiiviimmäksi on esim. puun paino sitä suurempi mitä enemmän kesäpuuta se sisältää. Kesä- ja kevätpuumäärä vaihtelee eri puulajeilla, eri ikäkausina ja erilaisilla kasvupaikoilla. A. PENTTISEN tutkimuksen mukaan (HELANDER 1918) kasvaa suhteellinen kesäpuumäärä yleensä aina puun iän ja pituuden suuretessa. Samaten suurenee kesäpuun prosenttimäärä myöskin kasvupaikan laadun parantuessa. Myöskin puun asemalla metsikössä on ratkaiseva merkitys kesäpuumuodotukseen nähden siten, että syrjäytettyjen puiden kesäpuuprosentti on aina suurempi kuin vallitsevien.

Analysoitujen lehtikuusten rinnankorkeuskiekoista lustottaisia tarkkoja mittauksia tehtäessä (kts. siv. 24), mitattiin eräästä puusta (analysipuu n:o 2 Raivolasta) myöskin kevät- ja kesäpuu kussakin vuosilustossa erikseen. Mittaukset suoritettiin kahdessa toisiaan vastaan kohtisuorassa suunnassa 0.1 mm tarkkuudella ja laskettiin saatujen tulosten keskiarvot. Sangen mielenkiintoista olisi ollut kohdistaa tutkimus useampiin puihin tahi saman puun eri osiin, mutta vaativat mittaukset niin paljon aikaa ja tarkkaa työtä, että niistä oli luovuttava. Mittaustuloksia esittää taulukko 24.

Vaikkakaan tuloksille havaintojen niukkuuden vuoksi ei voida antaa suurempaa yleistä arvoa, osoittavat ne kuitenkin kesäpuumäärän säännöllisesti kasvavan iän mukana, sekä että lehtikuusipuu yleensä sisältää sangen runsaasti tiivistä kesäpuuta. (Vrt. TOVSTOLJES 1907.)

Taulukko 24. Lehtikuusen kesäpuumäärä.

(Analysipuu n:o 2 Raivolassa.)

Tabelle 24. Anteil des Spätholzes bei dem Lärchenstamm.

(Probestamm Nr. 2 in Raivola.)

Ikä v. Alter J.	Rinnankork. läpimitta Brusthöhen- durchmesser mm	Rinnankork. läpimitasta oli Im Brusthöhendurchmesser war			
		Kesäpuuta Spätholz		Kevätpuuta Frühjahrsholz	
		mm	%	mm	%
10	6.1	0.8	12.9	5.3	87.1
20	71.6	22.8	31.9	48.8	68.1
30	146.4	53.2	36.3	93.2	63.7
40	193.4	72.4	37.4	121.0	62.6
50	233.3	90.8	39.0	142.5	61.0
60	255.6	102.3	40.0	153.3	60.0
70	286.7	117.3	40.9	169.4	59.1
80	310.4	130.0	42.0	180.4	58.0
90	339.8	152.5	44.9	187.3	55.1
100	377.7	175.5	46.5	202.2	53.5
120	445.3	214.2	48.1	231.1	51.9
140	481.1	235.2	48.9	245.9	51.1
160	515.9	256.9	49.8	259.0	50.2
180	554.7	280.2	50.5	274.5	49.5

LEHTIKUUSEN KASVU SUOMESSA JA SEN LUONTAIS-
SELLA KASVUALUEELLA TOISIINSA VERRATTUINA.

Sangen mielenkiintoista olisi tehdä vertailuja lehtikuusen kasvuun nähden sen luontaisella kasvualueella ja Suomessa, sen ulkopuolella.

Siihen on myöskin TOVSTOLJES (1916) pyrkinyt tutkimukseen. Tutkimuksensa tuloksena hän esittää, että lehtikuusen kasvu Suomessa, Raivolassa, on ollut pääpiirteissään samanlainen kuin lehtikuusen kasvu Itä-Venäjällä vastaavilla leveysasteilla luonnonmetsissä. Yksityiskohtaisempi TOVSTOLJESin tulosten tarkastelu tosin osoittaa (kts. taulukoita 1 ja 4 sekä alaviittaa siv. 12), että eroavaisuuksia kasvutuloksissa on havaittavissa. Pituuteen nähden on lehtikuusi Raivolassa ollut n. 60—100 v. iälle saakka hidaskasvuisempi kuin Itä-Venäjällä, mutta saavuttanut sittemmin myöhäisellä iällä suuremman pituuden. Läpimitaan ja kuutiomäärään nähden on asian laita ollut taasen päinvastainen. Raivolassa on kasvu nuorella iällä ollut nopeampi, mutta myöhäisemmällä iällä on kasvuvoima heikentynyt ja on lehtikuusi Raivolassa jäänyt järeälle

luonnonmetsissä kasvaneesta lehtikuusesta sitä aikaisemmin mitä parempi kasvupaikka on ollut kysymyksessä.

Nämä eroavaisuudet lehtikuusen kasvukyvvyssä saavat kuitenkin selvityksensä metsikköjen erilaisesta syntytavasta ja kehityksestä Raivolassa ja Itä-Venäjän luonnonmetsissä. Avara kasvutila nuorella iällä ja keski-ialta alkanut myöhäiseen ikään saakka jatkunut liiallinen tiheys Raivolan lehtikuusikossa on ollut omiaan aluksi lisäämään etupäässä puun vahvuuskasvua. Myöhäisemmällä iällä on liiallinen tiheys taasen kiihoittanut puun pituuskasvua, jota vastoin vahvuus ja kuutiokasvu on joutunut siitä kärsimään. Luonnonmetsissä ovat lehtikuusikot sitävastoin useasti syntyneet tiheinä taimistoina ja ylispuiden varjostaminakin. (Vrt. L. ILVESSALO 1923.)

Vertailu tekijän ja TOVSTOLJESIN y. m. tutkijain tulosten välillä on erilaisen boniteeraustavan vuoksi vaikeata. Mitään huomattavaa eroavaisuutta ei lehtikuusen kasvussa Suomessa ja sen luontaisella kasvualueella, vastaavilla leveysasteilla Itä-Venäjällä, ole kuitenkaan havaittavissa.

Lehtikuusen ja kotimaisten puulajien kasvun suoranainen vertailu ei myöskään ole ollut ilman muuta mahdollista. Todennäköisenä voidaan kuitenkin pitää, että lehtikuusi pituuteen, läpimittaan ja kuutiomäärään nähden parhailla kasvupaikoilla antaa parempia tuloksia kuin kotimaiset puulajit.

Erikoista huomiota herättää lehtikuusen voimakas kasvu vielä vanhallaakin iällä. Intensiivinen hoito ja harvennushakkaukset voivat sen kehitystä huomattavasti jouduttaa.

KIRJALLISUUSLUETTELO.

- BLOMQVIST, A. G. 1877, Om lärkträdet. (Tidskrift för Skogshushållning, s. 33—46).
- 1887, Iakttagelser angående sibiriska lärkträdet, pichtagranen och cembratalen i deras hemland samt om forstliga förhållanden därstädes. (Finska Forstföreningens Meddelanden V, s. 149—181).
- kirjeitä 1870- ja 1880-luvulta.
- BONSDORFF, A. J. 1917, Studien über die Sturmrichtungen in Finnland. (Acta Forestalia Fennica 8.)
- CAJANDER, A. K. 1903, Om vegetationen i urskogen kring Lena. (Fennia 20. N:o 4.)
- 1916, Metsänhoidon perusteet I. W. S. Oy. Porvoo.
- 1917, Metsänhoidon perusteet II. Ibid.
- CAJANUS, VERNER 1911, Puunrunon muotoa koskevia tutkimusmetodeja. (Referat: Über zahlenmäßige Darstellung der Stammformen der Waldbäume). (Suomen Metsänhoitoyhdistyksen Julkaisuja s. 363—370, Ref. s. 491—492.)
- 1912, Tapa laskea metsikön keskiläpileikkauspintaa vastaava diametri ja läpileikkauspintojen summa. (Referat: Eine Methode den Mitteldurchmesser und die Kreisfläche eines Bestandes zu bestimmen). (Ibid., s. 8—15, Ref. s. 53—55.)
- CHARLIER, C. V. L. 1910, Grunddragen af den matematiska statistiken. Lund.
- CIESLAR, ADOLF 1904, Waldbauliche Studien über die Lärche. (Centralblatt für das gesamte Forstwesen, S. 19—20.)
- ДРОВОВЪ, В. 1914, Къ вопросу о произрастаніи сибирской лиственницы въ предѣлахъ Олонецкой губерніи. (Изв. Общества Изученія Олонецкой губерніи III s. 112—129.)
- GAYER, KARL 1898, Der Waldbau, Berlin s. 32.
- ГРЕШНЕРЪ, В. 1843, Нѣкоторыя свѣдѣнія о лѣсахъ растущихъ на пути отъ С.-Петербурга до такъ называемой Линдуловской рощи, въ Выборгскомъ уѣздѣ, и о состояніи лѣсовъ въ сей послѣдней. IV. Линдуловская лиственничная корабельная роща. (Лѣсной Журналъ, s. 91—113 ja 172—192).
- HACKSTEDT, J. 1907, Metsänhoidontarkastus-asiapaperit Punkaharjun valtionpuistosta. (Käsikirj.)
- HEIKEL, A. B. kirjeitä.
- HEIKINHEIMO, O. 1926, Myrskytuhoista Raivolan lehtikuusimetsässä syyskuun 23 päivänä 1924. (Referat: Über die Sturmschäden in dem Lärchenwald bei Raivola am 23. September 1924.) (Communicationes ex Instituto quæstionum forestalium Finlandiae editae 12.)
- HELANDER, A. BENJ. 1918, Metsänkäyttöoppi, W. S. Oy. Porvoo.

- ILVESSALO, LAURI 1916, Lehtikuusen viljelys Suomessa. (Suomen Metsänhoitoyhdistyksen Julkaisuja. Erikoistutkimuksia 5.)
- 1920, Ulkomaalaisten puulajien viljelemismahdollisuudet Suomen oloja silmällä pitäen. (Referat: Ueber Anbaumöglichkeit ausländischer Holzarten mit spezieller Hinsicht auf die finnischen Verhältnisse.) (Acta Forestalia Fennica 17.)
- 1923. Raivolan lehtikuusimetsä. (Referat: Der Lärchenwald bei Raivola.) (Communicationes ex Instituto quaestionum forestalium Finlandiae editae 5.)
- ILVESSALO, YRJÖ, 1916. Mäntymetsikköjen valtapuitten kasvusta mustikka- ja kanervatyyppeiden kankailla Salmin kruununpuistossa. (Mit deutschem Referat.) (Acta Forestalia Fennica 6.)
- 1920. Tutkimuksia metsätyyppeiden taksatoorisesta merkityksestä, nojautuen etupäässä kotimaiseen kasvutaulujen laatimistyöhön. (Referat: Untersuchungen über die taxatorische Bedeutung der Waldtypen, hauptsächlich auf den Arbeiten für die Aufstellung der neuen Ertragstafeln Finnlands fussend.) (Ibid. 15.)
- JONSON, TOR 1911, Taxatoriska undersökningar öfver skogsträdens form. II. Tallens stamform. (Skogsvårdsföreningens Tidskrift, s. 235—275.)
- KERÄNEN, J. 1925, Temperaturkarten von Finnland. (Mitteilungen der Meteorologischen Zentralanstalt des finnischen Staates. N:o 17.)
- KORHONEN, V. V. 1925, Sadekarttoja Suomesta. (Referat: Niederschlagskarten aus Finnland.) (Ibid. 1.)
- KUJALA, VILJO 1924, Laskelmia lehtipuiden lehtikauden pituudesta ja puiden kukkimisajoista Suomessa. (Referat: Berechnungen über die Länge der Laubperiode der Laubbäume und Blühzeiten der Bäume in Finnland.) (Communicationes ex Instituto quaestionum forestalium Finlandiae editae 7.)
- LIHTONEN, V. 1925, Metsänuudistustyöt Tuomarniemen virkatalolla 1904—1923. (Metsätaloudellinen Aikakauskirja, n:o 5.)
- LÖNNROTH, ERIK 1925, Untersuchungen über die innere Struktur und Entwicklung gleichaltriger naturnormaler Kiefernbestände. (Acta Forestalia Fennica 30.)
- MATTSSON, L. 1917, Form och formvariationer hos lärken. Studier över trädens stambyggnad. (Meddelanden från Statens Skogsförsöksanstalt. H. 13—14.)
- MONTELL, R., kirjelmiä 1880-luvulta.
- НЕВРИЛ, ИВ. 1912, Лѣса сѣвера Европейской Россіи. (Изв. императорскаго лѣснаго института. — Mitt. des Kaiserlichen Forstinstitutes in St. Petersburg XXII).
- PILZ 1907, Einiges über die Verkernung der Kiefer. (Allg. Forst- und Jagd-Zeitung., s. 265.)
- SCHOTTE, GUNNAR 1917, Lärken. (Meddelanden från Statens Skogsförsöksanstalt.)
- ТКАЧЕНКО, М. 1908, О роли лѣса въ почвообразованіи. (Referat: Ueber die Rolle des Waldes bei der Bodenbildung). (Изв. императорскаго лѣснаго института. — Mitt. des Kaiserlichen Forstinstitutes in St. Petersburg XVIII).

- Товстолѣсъ, Д. И. 1907, Лиственничныя насажденія Линдуловской роци. (Ibid XV).
- »-- 1916, Ходъ роста сибирской лиственницы по изслѣдованію въ Пермской и Костромской губерніяхъ. (Сборникъ статей по лѣсному хозяйству въ часть 25-лѣтней дѣятельности проф. М. Орлова. Петроградъ).
- TSCHERNOBROVZEV, M. 1926, *Larix sibirica* L. nach Untersuchungen im Gouvernement Iwanowo-Wosnessensk. Résumé. (Memoires de l'Institut Agronomique à Voroneje. Tome VI).
-

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DEN ZUWACHS DER SIBIRISCHEN LÄRCHE IN FINNLAND.

(REFERAT.)

DAS NATÜRLICHE VERBREITUNGSGEBIET DER SIBIRISCHEN LÄRCHE (*LARIX SIBIRICA* LEDEB.) UND DIE UNTERSUCHUNGEN ÜBER DEN ZUWACHS DER LÄRCHE DASELBST.

Die sibirische Lärche ist eine typische Baumart der Heidewälder der nördlichen Nadelwaldzone, deren Hauptverbreitungsgebiet die Waldgegenden von Nordwestrussland und Südwestsibirien umfasst. Im Westen läuft die Grenze ihres Verbreitungsgebietes von der Mündung des Onegaflusses an dem Untojärvi und Vodlojärvi hin bis in die Nähe des Ostufers des Onegasees. Das politische Finnland bleibt also ausserhalb des natürlichen Wachstumsgebietes der Lärche.

Obwohl die Lärche ¹⁾ in der Waldwirtschaft Nordrusslands und Sibiriens eine wichtige Rolle spielt, ist ihr Zuwachs dort sehr wenig gründlich studiert worden. Abgesehen von einigen Beschreibungen und Beobachtungen über die Natur der Lärchenwälder, ihre Entwicklung und ihren Zuwachs (CAJANDER 1903, NEVRLI 1912, DROBOV 1914) hat nur TOVSTOLJES (1916) den Zuwachs der Lärche im europäischen Russland, in den Gouvernements Perm und Kostroma, eingehender untersucht. Da die Lärche in den erwähnten Gegenden selten reine Bestände bildet, ist es für ihn nicht leicht gewesen, ein befriedigendes Untersuchungsmaterial zu erlangen. Auf Grund von Analysen an Probestämmen, die er von acht Probeflächen entnommen hatte, bestimmte er den Zuwachs der Lärche auf verschiedenen Bonitäten. Die Resultate seiner Untersuchungen sind in der Tabelle 1 auf S. 7 wiedergegeben.

DIE FRÜHEREN UNTERSUCHUNGEN ÜBER DEN ZUWACHS DER LÄRCHE AUSSERHALB IHRES NATÜRLICHEN VERBREITUNGSGEBIETES.

TKATSCHENKO (1908) hat bei seinen Forschungen über den Einfluss des Waldes auf die Eigenschaften des Bodens auch den Zuwachs der Lärche in dem mittlrussischen Gouvernement Tula beleuchtet. Die untersuchten Bestände waren auf zwei verschiedenen Landgütern durch Pflanzung auf Ackerland begründet und intensiv mittels regelmässiger Durchforstung bewirtschaftet worden. Die Humusschicht war 0.55—0.75 m dick. Der unter solchen Bedingungen erfolgte Zuwachs der Lärche wird durch die Tabellen 2 und 3 veranschaulicht. Die benachbarten, unter ähnlichen Verhältnissen aufgewachsenen Kiefern und Fichtenbestände hatten sich langsamer entwickelt und kleinere Holz-mengen produziert (s. S. 11).

¹⁾ Im folgenden ist unter Lärche im allgemeinen immer die sibirische Lärche zu verstehen, falls nicht speziell anders erwähnt wird.

In Finnland ist die Lärche mit Erfolg angebaut worden. Die älteste Lärchenkultur in Finnland wurde bereits i. J. 1738 angelegt, wo der deutsche Forstmeister FOCKEL im Auftrag der russischen Regierung den Lärchenwald von Raivola für die Sicherstellung des Rohstoffbedarfs der Kronstädter Werft begründete. In die sechziger Jahre des vorigen Jahrhunderts kann man jedoch erst den Anfang des Lärchenanbaus in den finnischen Staatswäldern datieren. Da man in den ersten Zeiten bestrebt war, die Lärche zusammen mit einheimischen Holzarten als Mischwald zu erziehen und die meisten Kulturen ohne die erforderliche Pflege liess, sind die Ergebnisse der Waldkulturen aus diesem Grunde bisweilen schlecht ausgefallen. Gewisse Lärchenkulturen sind jedoch ausgezeichnet gediehen, wodurch bewiesen wird, dass die Lärche in Finnland eine bemerkenswerte waldwirtschaftliche Bedeutung besitzt. Von diesen Lärchenkulturen seien namentlich die Lärchenwälder von Raivola, Punkaharju, Kitee und Vesijako erwähnt.

Da der Anbau der Lärche in Finnland verhältnismässig jung ist, sind auch über ihren Zuwachs hier früher keine gründlichen Untersuchungen ausgeführt worden, sondern man hauptsächlich nur einzelne Beobachtungen und Berechnungen gemacht. Schon 1903 wurde jedoch die Lärchenkultur von Raivola zum erstenmal Gegenstand eines eingehenden Studiums. Der Russe TOVSTOLJES (1907) untersuchte damals den Zuwachs der Lärche mit Hilfe von 18 Stammanalysen. Auch verlegte er in den Wald 7 ständige Versuchsflächen, deren Bäume gemessen und numeriert wurden. Die Resultate der Untersuchung von TOVSTOLJES sind in der Tabelle 4 auf S. 12 wiedergegeben.

Den Zuwachs der Lärche, besonders ihren Anbau und die Aussichten ihres Gedeihens in Finnland hat L. ILVESSALO (1916, 1920, 1923) studiert. Indem er gleichzeitig den Lärchenwald von Raivola ausmass und kartierte, stellte er 1921 auf ständigen Versuchsflächen vergleichende Untersuchungen über den Zuwachs der Lärche an.

Erst in den neunziger Jahren begann man infolge der in Finnland gewonnenen günstigen Erfahrungen die sibirische Lärche auch in den skandinavischen Ländern und in Mitteleuropa anzubauen. Darum liegen über den Zuwachs der Lärche dort nur wenig Untersuchungen vor (SCHOTTE 1917, MATTSOHN 1917).

BESCHREIBUNG DER UNTERSUCHUNGSGEBIETE.

Die Untersuchungen des Verfassers über den Zuwachs der Lärche sind in den der Forstwissenschaftlichen Versuchsanstalt unterstellten Versuchssrevieren Raivola und Punkaharju ausgeführt worden.

Der Lärchenwald von Raivola liegt in dem Dorfe Vammelsuu des Kirchspiels Uusikirkko, 4 km südwestlich von der Eisenbahnstation Raivola (60°14' n. Br. und 29°35' ö. L. von Greenw.) zu beiden Seiten des Flusses Lintulanjoki. Wegen der auf das Klima, die geologischen Verhältnisse, die Vegetation usw. bezüglichen Daten wird in diesem Zusammenhang nur auf die Untersuchung von L. ILVESSALO (1923) verwiesen, die auch eine genaue Beschreibung der Entstehung des Lärchenwaldes und seiner Geschichte bis in die letzten Jahre bietet.

Das Areal des eigentlichen Lärchenwaldes beträgt 18.40 ha, und es sind darin hauptsächlich drei verschiedenen Altersklassen angehörige Bestände repräsentiert, als deren Begründungszeiten man die Jahre 1738, 1773 und 1811

betrachten kann. Einige Teile der ältesten Bestände sind durch Vollsamt, die übrigen durch Pflanzung begründet worden. Die Pflanzenzahl war auf dem Hektar etwa 550 oder 625 Stück. Die durch Pflanzung begründeten Bestände besaßen also anfangs verhältnismässig lichte Stellung. In späterem Alter haben sie sich jedoch zu dicht ausgebildet, denn in dem Walde sind, soviel bekannt — von den letzten Jahren abgesehen — niemals waldbauliche Hiebe ausgeführt worden. Die forstlichen Eingriffe haben sich lediglich auf Waldsäuberung, Bewachung und den Schutz vor Weidegang beschränkt. Nur die Sturmschäden oder andere in dem Wald erfolgte Kalamitäten haben ihn früher gelichtet. Am bemerkenswertesten haben in dieser Weise auf den Zustand des Waldes die heftigen Stürme der Jahre 1824, 1887, 1892, 1900, 1912, 1924 und 1925 eingewirkt.

Der Lärchenwald von Raivola in den Jahren 1903 und 1921 wird durch die Tabellen 5 und 6 auf S. 16—17 veranschaulicht.

Der Staatsforst und das Versuchsrevier von Punkaharju liegen in dem gleichnamigen Kirchspiel (61°45'—50' n. Br. und 29°17' ö. L. von Greenw.) und umfassen den u. a. durch seine Naturschönheit auch ausserhalb der Grenzen des Landes bekannten Äsrücken Punkaharju. Die Temperaturverhältnisse der Gegend werden durch folgende Monatstemperaturangaben der meteorologischen Station am Ort, auf die Periode 1891—1920 reduziert, angegeben (J. KERÄNEN 1925):

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Das Jahr
—9.4	—10.2	—6.1	1.0	7.3	13.2	16.1	13.9	8.9	3.6	—2.3	—7.3	2.4° C.

Die Mitteltemperatur der Vegetationsperiode (V—IX) beträgt 11.9° und die jährliche Schwankung 26.3°. Am 11. April steigt die Temperatur im allgemeinen im Frühjahr über 0° und sinkt im Herbst am 4. November unter 0°, so dass die Temperatur durchschnittlich an 207 Tagen im Jahr über 0° ist.

Die Entwicklung der Vegetationsperiode wird durch folgende mittleren Zeitangaben veranschaulicht: die Grauerle blüht um den 20. April, das Laub bricht an der Birke durchschnittlich am 18. Mai und an der Espe in den ersten Tagen des Juni aus, während die Ahlkirsche um die Wende des Mai und Juni zu blühen beginnt. Im Herbst wirft die Espe am 3.—4. Oktober und die Birke einen Tag später das Laub ab. Die Birke ist also etwa 140 Tage belaubt (KUTALA 1924).

Die häufigste Sturmrichtung ist südlich; südwestliche und westliche Winde sind ebenfalls sehr gewöhnlich (BONSDORFF 1917). — Die jährliche Niederschlagsmenge ist ca. 550 mm (KORHONEN 1925). Der niederschlagsreichste Monat ist der August und die trockenste Jahreszeit der Frühling. Während Mai—August beträgt die Niederschlagsmenge etwa 240 mm.

Der älteste Lärchenwald von Punkaharju wurde 1877 teils auf dem früheren Ackerland einer Kötnerei, teils auf einer Moränenheide begründet, und er umfasst im ganzen eine Fläche von 1.71 ha. Zu der Pflanzung wurden 2 800 vierjährige Pflanzen verwendet. Die Pflanzreihen lagen 12 Fuss ¹⁾ auseinander, und der gegenseitige Abstand der Pflanzen in den Reihen betrug 6 Fuss. I. J. 1880 wurde die Pflanzung durch 500 dreijährige Lärchenpflanzen ergänzt, und gleichzeitig wurden zwischen die Pflanzreihen 2 980 zweijährige Kiefernpflanzen gesetzt. Von den Kiefern starb jedoch der grösste Teil an der Schütte. Darum wurden im folgenden Jahr in dem Gebiet wiederum 1850 einjährige Kiefernpflanzen gesetzt, jedoch mit ebenso schlechtem Erfolg. So blieb der

¹⁾ 1 Fuss = 0.2969 m.

Bestand — ohne Zweifel zum Glück für seine Entwicklung — ein reiner Lärchenwald.

Der Werdegang des Lärchenwaldes, die in ihm ausgeführten waldbaulichen Arbeiten, die Durchforstungen u. a. ergeben sich aus alten Urkunden verhältnismässig gut. Auch sind in dem Wald zu verschiedenen Zeiten Beobachtungen und Messungen gemacht und Probeflächen genommen worden (s. S. 18, 19 u. 22 und Tabelle 7). Erst 1924 wurden in den Bestand auf Veranstanden der Forstwissenschaftlichen Versuchsanstalt zwei ständige Versuchsflächen (Nr. 7 a und 7 b) verlegt, von denen die eine die Zuwachsverhältnisse des Oxalis- und die andere die des Oxalis-Myrtillus-Typs repräsentiert. Die Messungsergebnisse werden aus der Tabelle 8 deutlich. Ausser auf diesen Versuchsflächen sind in einem jüngeren, i. J. 1902 begründeten Lärchenbestand in Punkaharju Zuwachsuntersuchungen angestellt worden.

Wie aus dem obenstehenden kurzen Überblick hervorgeht, hat der Lärchenwald von Raivola fast während seiner ganzen Wuchszeit in fast vollständigem Naturzustand sein können. Dagegen ist der Lärchenwald von Punkaharju einer verhältnismässig intensiven Bewirtschaftung unterworfen gewesen. Der natürlichen Selbstabscheidung des Bestandes ist dort sogar durch kräftige Durchforstungen nachgeholfen worden, die der lichtbedürftigen Lärche den nötigen Wuchsraum verschafft haben. So beträgt die Stammzahl in dem Lärchenwald von Punkaharju schon in seinem gegenwärtigen Alter nur ca. 25 % von der ursprünglichen Menge der jungen Pflanzen und ist pro Hektar dieselbe wie stellenweise in dem alten Lärchenwald von Raivola. Da sich die Bestände unter so grundverschiedenen Verhältnissen entwickelt haben, ist es in der vorliegenden Untersuchung geboten erschienen, ihre Zuwachsverhältnisse nicht zusammen, sondern getrennt zu behandeln. Bei einer solchen Parallelbehandlung geben sie auch gerade, indem sie einander ergänzen, eine Vorstellung von dem Zuwachs der Lärche sowohl in gepflegten als in ungepflegten Beständen, während sie gleichzeitig die Bedeutung der waldbaulichen Hiebe für die Entwicklung des Bestandes überhaupt hervortreten lassen.

DIE UNTERSUCHUNGSMETHODE.

Die Untersuchung beschränkt sich darauf, nur die Zuwachsverhältnisse der herrschenden Lärchenstämme auf den besten Standorten, dem Oxalis- und dem Oxalis-Myrtillus-Typ, zu behandeln. Sie gründet sich hauptsächlich auf Stammanalysen, die in Punkaharju und in Raivola an insgesamt über 22 Stämmen gemacht worden sind. Als Vergleichungsmaterial sind ausserdem auf den ständigen Versuchsflächen von Punkaharju (Nr. 7 a, b) gefällte Probestämme (39 Stück) sowie in Raivola am 23. September 1924 vom Sturm umgeworfene Bäume (375 Stück), auf die auch die Rindenuntersuchungen basiert sind, verwendet worden. Bei der Untersuchung der Zuwachsverhältnisse der herrschenden Stämme wurden aus diesen Windwürfen zur Behandlung von den zur ältesten Altersklasse gehörenden, auf dem Oxalis-Typ gewachsenen Bäumen 56 Stück und von den Bäumen des Oxalis-Myrtillus-Typs 60 Stück ausgewählt, und zwar unter Berücksichtigung der Höhe, da der Entwicklungsstand der Bäume im Bestand nicht auf andere Weise definiert werden konnte. Für die Kernholzuntersuchungen wurden ausserdem einige Probestämme aus den Lärchenbeständen von Vesijako analysiert. Im ganzen sind bei der Untersuchung 420 Lärchenprobestämme benutzt worden.

In dem Lärchenwald von Raivola wurde eine vollständige Stammanalyse an 13 Bäumen ausgeführt, die mit Rücksicht auf Höhe und Durchmesser in verschiedenen Abteilungen des Waldes unter den repräsentativen Baumindividuen ausgewählt worden sind. Die Auswahl der Probestämme in Raivola hat Prof. YRJÖ ILVESSALO vorgenommen. Von ihnen gehörten zwei zu den beherrschten Baumindividuen, und einer war vom Myrtillus-Typ; diese sind in der vorliegenden Untersuchung unbehandelt geblieben.

In Punkaharju wurden die Stammanalysenbäume (9 Stück) aus drei verschiedenen Lärchenbeständen (ständige Versuchsflächen Nr. 7 a, 7 b und 15 c der Forstwissenschaftlichen Versuchsanstalt) ausgewählt. Von diesen vertritt einer (7 a) die Zuwachsverhältnisse des Oxalis-Typs und die beiden anderen (7 b und 15 c) diejenigen des Oxalis-Myrtillus-Typs. (Siehe die Beilage I.)

Die Scheiben wurden zwei Meter voneinander entfernt, in ganzen (2, 4, 6 usw.) Metern über dem Erdboden abgesägt.¹⁾ Ausserdem wurde je eine Scheibe in 0.5 und 1.3 m Höhe entnommen. Vor dem Sägen wurde der Durchmesser des Baumes mit einer Kluppe an jeder Massstelle gemessen und ebenso die Dicke der Rinde mit einem Rindenmesser untersucht. Auf jeder Scheibe wurde ausser der Nummer des Baumes und der Scheibe auch die Richtungsmarke notiert, damit alle Messungen an verschiedenen Scheiben genau in der selben Richtung ausgeführt werden konnten. Das Sägen der Scheiben in Raivola wurde von mag. phil. ARNE SANDHOLM überwacht. Er hat auch die Messungen eines Analysenstammes in Raivola gemacht.

Das Messen der Scheiben wurde mit 1 mm Genauigkeit in zwei zueinander senkrechten Richtungen des Radius vorgenommen. Sämtliche Messungen fanden bei den Probestämmen von Punkaharju in Fünf- und bei denen aus Raivola in Zehnjahresserien statt. Namentlich die Lärchenscheiben aus Raivola veranlassten viel Arbeit. Die Bestimmung der Jahresringzahl musste meistens bei Vergrösserung und zwar sogar bei 30- bis 40-facher ausgeführt werden. Zwecks Vermeidung etwaiger Irrtümer und für die später in anderem Zusammenhang zu behandelnden Untersuchungen wurde die Bruthöhenscheibe jedes Baumes jahresringweise mit 0.1 mm Genauigkeit gemessen und wurden vergleichende Untersuchungen nach Kalenderjahren über die Symmetrie des gleichzeitigen Durchmesserzuwachses angestellt. (Vgl. E. LÖNNROTH 1925, S. 108.)

Besondere Aufmerksamkeit wurde der Methode, die Höhe und den Höhenzuwachs des Baumes mit Hilfe der Stammanalyse zu bestimmen, geschenkt.

Bei der Stammanalyse richten sich die Untersuchungen auf die Messung des Durchmessers des Stammes während verschiedener Altersperioden und in bestimmten Höhen über dem Erdboden. Aus den Scheiben kann man aber auf Grund der abgelesenen Jahresringzahl auch die Höhe des Baumes bei verschiedenem Alter ermitteln.

Vorausgesetzt, dass das Alter des Analysenstammes A Jahre und die Jahresringzahl, die man von in verschiedenen Höhen $n_1, n_2, n_3, \dots, n_\mu$ Meter über dem Erdboden herausgesägten Scheiben abgelesen hat, $a_1, a_2, a_3, \dots, a_\mu$ ist (siehe Abb. 1. S. 25), so nimmt man gewöhnlich an, dass die Höhe (h) des Baumes im Alter ($A - a_\mu$) n Meter betragen hat, und drückt die so gefundenen Höhenwerte durch graphische Ausgleichung, die Höhe des Baumes als Funktion des Alters aus (siehe Abb. 2. S. 26).

¹⁾ Eine Analyse in Raivola wurde aus praktischen Gründen in Abständen von 2.75 m gesägt.

Das Verfahren enthält jedoch einen prinzipiellen und einseitig abweichenden Fehler; es gibt immer zu grosse Resultate. Die Höhe des Baumes bei dem Alter $(A - a_\mu)$ ist nur in dem exzeptionellen Grenzfall $= n_\mu$, in der Regel immer kleiner. Die Grösse des Fehlers hängt davon ab, an welche Stelle des damaligen jährlichen Längentriebes (m) die Sägestelle der Scheibe fällt. Je näher bei der Basis des Jahrestriebes die Messstelle liegt, desto kleiner ist der Fehler $\varepsilon(h)$, der wiederum nach der Spitze des Jahrestriebes hin zunimmt. Es ist offenbar, dass sich der Fehler seinem Grenzwert Null und dem Werte m nähert; also $m > \varepsilon(h) > 0$.

Da die Grösse des Fehlers vor allem von der Länge des Jahrestriebes abhängig ist und sich innerhalb der Grenzen von deren Betrag hält, werden dadurch bei höherem Alter des Baumes keine nennenswerten Höhenmessungsfehler verursacht. Aber während der Kulminationsperiode des Höhenwachstums, bei dem Alter von 20—40 Jahren, wo der Jahrestrieb je nach der Holzart, dem Standort und anderen Umständen eine Länge von 40—100 cm erreichen kann, kann das Verfahren bei der Bestimmung der Höhe des Analysenstammes sogar erhebliche Fehler hervorrufen.

Wenn man eine Scheibe aus einem Stamm heraussägt, vermeidet man aus natürlichen Gründen die Stelle eines Astquirles und sägt also immer den Wipfeltrieb eines früheren Jahres durch. In der Untersuchung wird daher angenommen, dass die Scheibe im allgemeinen mitten durch einen Jahrestrieb gesägt wird. Um die Höhe n_μ zu erreichen, braucht der Baum also $(A - a_\mu + \frac{1}{2})$ Jahre oder Vegetationsperioden. Die die Höhe des Baumes angegebende Kurve wird sich also im Achsensystem um ein halbes Jahr nach rechts verschieben (Abb. 2). In bezug auf den Fehler des Verfahrens herrscht nun die Ungleichung $+m/2 > \varepsilon(h) > -m/2$. Die Grenzen der Fehlermöglichkeiten haben sich also ihrem absoluten Werte nach um die Hälfte verkleinert. Am wichtigsten aber ist, dass der Fehler jetzt ebensowohl negativ wie positiv sein kann, so dass die graphische Ausgleichung die Ausnahmen zu eliminieren vermag.

UNTERSUCHUNGSRÉSULTATE.

DER ZUWACHS DER LÄRCHE IN FINNLAND.

Höhe und Höhenzuwachs.

Unter Anwendung der oben auseinandergesetzten Methode ist für jeden analysierten Stamm eine Höhenkurve gezeichnet worden. Die von der Höhenkurve gelieferten Werte sind nach Waldtypen und Altersklassen vereinigt und aus ihnen die Mittelwerte berechnet. Die Mittelwerte sind schliesslich graphisch ausgeglichen (graph. Taf. 1 und 4). Die Resultate werden aus den Tabellen 9 und 11 ersichtlich.

Die gebrauchten Bonitierungsklassen weichen in bezug auf die Höhe und den Höhenzuwachs deutlich voneinander ab, wiewohl der Unterschied kein bedeutender ist. Nach dem Vergleichungsmaterial (s. Tabelle 10) ist die mittlere Höhe des herrschenden Lärchenstammes in Raivola bei einem Alter von 186 J. auf dem Oxalis-Typ 38.3 ± 0.212 m und auf dem Oxalis-Myrtillus-Typ 36.8 ± 0.205 m.

Der laufende Höhenzuwachs erreicht in Raivola auf beiden Typen sein Maximum ungefähr gleichzeitig bei ca. 25—30 J. Der mittlere Höhenzuwachs ist auf beiden Typen am grössten bei ca. 40—45 J. (s. graph. Taf. 2 und 3). Der laufende Höhenzuwachs nimmt in Raivola mit dem Alter verhältnismässig langsam ab, bei 120 J. beispielsweise beträgt er noch 9 und 11 cm.

In Punkaharju ist der Höhenzuwachs der Lärche rascher fortgeschritten. Der laufende Höhenzuwachs erreicht dort sein Maximum auf OT schon bei 15—20 und auf OMT bei ca. 20 J., wo der Jahrestrieb annähernd 80 cm lang ist (s. graph. Taf. 5 u. 6). Danach nimmt er relativ schnell ab. Der mittlere Höhenzuwachs ist auf beiden Typen ungefähr zu derselben Zeit, bei ca. 30 J. am grössten.

Beim Vergleich der Höhe des herrschenden Stammes und seines Zuwachses in Raivola und in Punkaharju beobachtet man die folgenden wichtigsten Unterschiede:

Die Lärche hat in Punkaharju eine erheblich grössere Höhe als bei dem entsprechenden Alter in Raivola erreicht. Beispielsweise beträgt die Differenz auf OT bei 20 J. 4.3 m, bei 30 J. 5.2 m, bei 40 J. 3.7 m und bei 50 J. 3.0 m. Sowohl der laufende als der mittlere jährliche Höhenzuwachs hat in Punkaharju einen grösseren Maximalwert und diesen ca. 10—15 J. früher als in Raivola erreicht. Dagegen zeigt der laufende Höhenzuwachs bei 45—50 J. in Punkaharju schon eine verhältnismässig schnelle Abnahme.

Interessant wäre auch ein Vergleich des Höhenzuwachses der Lärche und der Kiefer untereinander. Der Zuwachs der einheimischen Baumarten ist bisher jedoch nur in volllichten Naturwäldern studiert worden (Y. ILVESSALO 1920 u. LÖNNROTH 1925), weshalb die gefundenen Resultate nicht direkt vergleichbar sind. Ein Vergleich des Zuwachses des herrschenden Stammes im gepflanzten Lärchenwald und im Naturbestand muss also vorsichtig durchgeführt werden unter Berücksichtigung der verschiedenen Entstehungsweise und der verschiedenen Dichte des Bestandes.

Die Lärche scheint in jüngerem, besonders im Pflanzenalter langsamwüchsiger als die Kiefer zu sein (Y. ILVESSALO 1920). In Raivola ist sie bis etwa in ihr 35. J. kürzer als der herrschende Stamm des Kiefernaturbestandes gewesen, danach übertrifft sie aber allerdings die Kiefer an Höhe. Der Unterschied ist z. B. auf OMT in bezug auf die Höhe bei 40 J. 0.7 m, bei 50 J. 1.3 m, bei 60 J. 1.8 m, bei 70 J. 2.3 m, bei 80 J. 2.8 m und bei 90 J. 3.4 m.

Der laufende jährliche Zuwachs ist bei der Lärche etwa vom 15.—20. Lebensjahre an grösser als bei der Kiefer. Der Unterschied beträgt beispielsweise auf OMT bei 20 J. 7 cm, bei 30 J. 14 cm, bei 40 J. 8 cm, bei 50 J. 6 cm, bei 60 J. 3 cm, bei 70 J. 4 cm, bei 80 J. 6 cm und bei 90 J. 6 cm. Der laufende Höhenzuwachs erreicht also auf demselben Typ sein Maximum bei der Kiefer — 51 cm — im Alter von ca. 20 J. und bei der Lärche — 61 cm — im Alter von ca. 25 J.

Das Verhalten des durchschnittlichen Höhenzuwachses bei der Kiefer und der Lärche ist naturgemäss ein ähnliches wie das der Höhe. Sein Maximum — 39 cm — erreicht derselbe bei der Kiefer im Alter von 30—45 J. und bei der Lärche in Raivola — 41 cm — im Alter von ca. 40—45 J.

Der Zuwachs der Lärche in den gepflegten Beständen von Punkaharju lässt sich nicht mit dem Zuwachs der im Naturzustand aufgewachsenen einheimischen Holzarten vergleichen, und da über ihren Zuwachs in gepflegten Beständen keine hinreichenden Untersuchungen vorliegen, bleibt eine end-

gültige Vergleichung der Zukunft überlassen. Die ältesten Kiefernkulturen in den Staatsforsten von Vesijako und Punkaharju zeigen jedoch, dass die Kiefer wahrscheinlich in bezug auf Höhe und Höhenzuwachs hinter der Lärche zurückbleibt.

Durchmesser und Durchmesserzuwachs.

Der Durchmesser und sein Zuwachs ist mit Hilfe der Stammanalyse in 1.3 m Höhe, d. h. in Brusthöhe, sowie 6 und 12 m über dem Erdboden untersucht worden.

Die auf Grund der Stammanalysenmessungen gefundenen Durchmesserwerte wurden nach Typen und Altersklassen vereinigt und aus den so gewonnenen Reihen die Mitteldurchmesser berechnet. Diese wurden jedoch nicht als arithmetisches Mittel der Durchmesser festgestellt, sondern der dem Mittelwert der entsprechenden Grundflächen entsprechende Durchmesser repräsentierte den Mitteldurchmesser der Reihe.

Infolge der Auswahl des Materials und seines geringen Umfangs ist die Variation des Durchmessers bei demselben Alter und auf demselben Waldtyp beträchtlich. Doch dürfte der Mittelwert und namentlich seine Entwicklung die wirklichen Zuwachsverhältnisse in den Untersuchungsgebieten widerspiegeln.

Die auf diese Weise gefundenen Mitteldurchmesser sind graphisch ausgeglichen worden (graph. Taf. 7, 8 und 11). Auf Grund der ausgeglichenen Werte wurde auch der laufende und mittlere Zuwachs des Durchmessers berechnet. Die Resultate sind in den Tabellen 12—15 dargestellt.

Für den Durchmesser und seinen Zuwachs ist der Unterschied zwischen den angewandten Bonitätsklassen OT und OMT besonders in Raivola sehr klein. In Punkaharju tritt die Differenz viel deutlicher hervor.

Der laufende Zuwachs des Brusthöhendurchmessers erreicht sein Maximum in Raivola auf beiden Typen gleichzeitig im Alter von etwa 25 J. Der durchschnittliche Zuwachs ist auf beiden Typen am grössten bei ca. 40 J. (graph. Taf. 9 und 10). In Punkaharju erreicht der laufende Zuwachs des Durchmessers sein Maximum schon im frühen Alter von ca. 10 J. Der durchschnittliche Zuwachs kulminiert dort auch schon im Alter von ca. 25—30 J. (graph. Taf. 12 und 13).

Ebenso wie in bezug auf die Höhe hat sich die Lärche auch hinsichtlich ihres Durchmessers und Zuwachses infolge der Pflege in Punkaharju bedeutend besser als in Raivola entwickelt. Beispielsweise beträgt der Unterschied im Brusthöhendurchmesser bei 20 J. 5.4 cm, bei 30 J. 5.7 cm, bei 40 J. 3.5 cm und bei 50 J. 1.8 cm. Sowohl der laufende als der durchschnittliche Durchmesserzuwachs hat in Punkaharju einen erheblich grösseren Maximalwert und diesen ca. 15 J. früher als in Raivola erreicht. Der laufende Durchmesserzuwachs zeigt jedoch in Punkaharju im Alter von 40—50 J. eine recht starke Abnahme. Und ohne fortgesetzte Durchforstungen vermag die Lärche in Punkaharju hinsichtlich des Durchmessers kaum länger einen schnelleren Zuwachs beizubehalten.

Auch in bezug auf den Durchmesser ist die Lärche bei ihrer Entwicklung in Raivola während des jungen Alters hinter dem herrschenden Stamm des unbewirtschafteten naturnormalen Bestandes zurückgeblieben (Y. ILVESSALO 1920). Mit etwa 35 J. aber holt sie im Durchmesserzuwachs die Kiefer ein und entwickelt sich danach schneller als diese. So beträgt der Unterschied

im Bruthöhendurchmesser auf OMT bei 40 J. 0.8 cm, bei 50 J. 1.9 cm, bei 60 J. 2.1 cm, bei 70 J. 2.1 cm, bei 80 J. 1.9 cm und bei 90 J. 1.8 cm.

Der laufende Zuwachs des Bruthöhendurchmessers ist bei der Lärche etwa vom 20. J. ab grösser als bei der Kiefer. In späterem Alter — etwa nach Erreichung des 80. J. — ist er bei beiden Baumarten fast der gleiche. Sein Maximum — 7.1 mm — erreicht der jährliche laufende Zuwachs bei der Lärche in Raivola ungefähr 15 J. später als bei der Kiefer auf demselben Typ.

Der jährliche durchschnittliche Zuwachs des Durchmessers kulminiert bei der Lärche etwa 10 J. später als bei der Kiefer, und zwar erreichen sie da denselben Maximalwert, 4.6 mm.

Volumen und Volumzuwachs.

Auf Grund der Stammanalysenmessungen wurden auch die Volumina der analysierten Probestämme (ohne Rinde) in den verschiedenen Altersperioden berechnet. Die daraus hergeleiteten Mittelwerte wurden graphisch ausgeglichen (graph. Taf. 14 und 17). Die Volumenkurve des herrschenden Lärchenstammes steigt im Pflanzenalter langsam an, um sich im mittlere Alter immer steiler zu erheben, und beginnt sich im höheren Alter allmählich etwas zu senken. Im grossen ganzen nähert sie sich vom mittleren Alter ab der Geraden. (Vgl. Y. ILVESSALO 1920, graph. Tabelle Nr. 50.)

Auf Grund der ausgeglichenen Volumwerte wurde auch der laufende und der durchschnittliche Volumzuwachs berechnet (graph. Taf. 15, 16, 18 und 19). Die Ergebnisse sind in den Tabellen 16 und 17 dargestellt.

In dem Volumen des herrschenden Lärchenstammes auf dem Oxalis- und dem Oxalis-Myrtillus-Typ besteht ein deutlicher Unterschied. Schon vom jungen Alter (20 J.) an ist das Volumen auf dem Oxalis-Typ grösser als auf dem Oxalis-Myrtillus-Typ, und im höheren Alter wird die Differenz noch grösser. Auch das aus dem Vergleichungsmaterial berechnete mittlere Volumen ist auf OT beträchtlich grösser als auf OMT (Tabelle 10).

Der laufende jährliche Volumzuwachs erreicht in Raivola seinen höchsten Wert auf dem Oxalis-Typ bei 50—60 J. und auf dem Oxalis-Myrtillus-Typ bei 60—70 J., also verhältnismässig spät, und sinkt danach recht langsam. Der durchschnittliche Zuwachs hat auf beiden Typen noch bei 180 J. sein Maximum nicht erreicht.

In Punkaharju kulminiert der laufende jährliche Volumzuwachs auf dem Oxalis-Typ bei 20—25 J. und auf dem Oxalis-Myrtillus-Typ bei 25—30 J.

Vergleicht man das Volumen des herrschenden Lärchenstammes mit dem Volumen des herrschenden Stammes des im Naturzustand gewachsenen gleichaltrigen Kiefernwaldes (Y. ILVESSALO 1920), so findet man, dass die Lärche, wie wir schon bei der Betrachtung der Höhe und des Durchmessers erkannten, einen bedeutend grösseren Stamm hervorbringt, und zwar in kürzerer Zeit als die Kiefer. Namentlich die lange Dauer der Wachstumsenergie der Lärche noch bei späterem Alter lenkt besondere Aufmerksamkeit auf sich.

DIE STAMMFORM DER LÄRCHEN, DIE DICKE IHRER RINDE UND DIE BESCHAFFENHEIT IHRES HOLZES.

Der Stammform der Lärche ist in der Untersuchung wegen des geringen Umfangs des Materiales keine grössere Beachtung geschenkt worden. Doch wurde die Bruthöhenformzahl der untersuchten Probestämme während verschiedener Altersperioden bestimmt. Ebenso wurde die Entwicklung der Stamm

form in Raivola nach JONSON (1911) untersucht. Die Resultate sind in den Tabellen 18 und 19 zu finden. Da der Bruthöhendurchmesser bei höherem Alter deutlich in den Wirkungsbereich des Wurzelanlaufs der Lärche fällt (s. graph. Taf. 7 und 8), geben die darauf beruhenden relativen Zahlen jedoch kein vollständiges Bild mehr von der Beschaffenheit der Stammkurve selbst (vgl. CAJANUS 1911).

Die Ergebnisse der Untersuchungen über die Dicke der Rinde der Lärche werden durch die Tabellen 20 und 21 veranschaulicht.

Auch die Beschaffenheit und Zusammensetzung des Lärchenholzes, besonders die Kern- und Spätholzmasse, ist in der Untersuchung beachtet worden. Für das Studium der Kernholzbildung der Lärche wurden ausser in Punkaharju und in Raivola gewisse Stämme auch im Staatsforst Vesijako analysiert. Die Resultate der Messungen sind in der Tabelle 22 sowie in der graphischen Tafel 20 dargestellt.

Früher hat der Verfasser (1919) im Übungsrevier Siikakangas die Kernholzbildung der Kiefer auf Myrtillus-, Vaccinium- und Calluna-Typ studiert. Die Kernholzmasse der Kiefer während verschiedener Altersperioden wird auf Grund der erwähnten Messungen in Tabelle 23 wiedergegeben.

Obwohl die Resultate infolge der Verschiedenheit der Standorte und anderer Faktoren nicht direkt miteinander vergleichbar sind, ist doch in allen Altersperioden der Lärche deutlich eine grössere Kernholzmenge gegenüber der Kiefer zu erkennen. (Vgl. auch graph. Tafel 20.) Während die Kernholzbildung der Kiefer erst mit 30—40 J. beginnt, ist schon an der jungen Lärchenpflanze Kernholz festzustellen. Und in höherem Alter umfasst das Kernholz, das nur in einer schmalen Schicht von Splint umgeben ist, den grössten Teil des Stammes der Lärche.

Die Kernholzmasse wechselt in verschiedenen Teilen des Stammes. Auch in dieser Hinsicht differiert die Kernholzbildung bei der Lärche und der Kiefer. Bei der Lärche nimmt die relative Kernholzmasse regelmässig von der Basis nach dem Wipfel zu ab. Die früheren Untersuchungen des Verfassers zeigen dagegen, dass bei der Kiefer Kernholz verhältnismässig mehr in 3—5 m Höhe über dem Erdboden vorhanden ist. (Vgl. PILZ 1907.)

Die Spätholzmasse der Lärche wurde zum Versuch an einer Bruthöhenscheibe eines Baumes untersucht. Die Resultate sind in Tabelle 24 wiedergegeben.

SCHLUSSWORT.

Vergleicht man den Zuwachs der Lärche in Finnland sowie in ihrem natürlichen Verbreitungsgebiet, in den entsprechenden Breiten in Ostrussland, miteinander im Licht der wenig zahlreichen Untersuchungen, die dort ausgeführt worden sind (NEVRLI 1912, DROBOV 1914 ja TOVSTOLJES 1916), so ist keine bedeutende Verschiedenheit zu erkennen. Die sibirische Lärche ist in Finnland ebenso gut gewachsen wie in den Gebieten, wo sie *autochthon* ist.

Eine direkte Vergleichung des Zuwachses der Lärche und der einheimischen Baumarten ist nicht ohne weiteres möglich gewesen. Als wahrscheinlich darf jedoch gelten, dass die Lärche hinsichtlich der Höhe, des Durchmessers und des Volumens auf besseren Standorten bessere Resultate gibt als die einheimischen Baumarten. Besondere Beachtung verdient der kräftige Zuwachs der Lärche auch noch in hohem Alter. Intensive Bewirtschaftung und Durchforstungen können ihre Entwicklung jedoch erheblich beschleunigen.

Liite I.

Beilage I.

Luettelo analysoiduista koepuista.

Verzeichnis der analysierten Probestämme.

Kokeilualue <i>Versuchsrevier</i>	Osasto tahi koeala <i>Abteilung oder Ver- suchsfläche</i> Nr	Metsä- tyyppi <i>Waldtyp</i>	Koepuun n:o <i>Probestamm Nr</i>	Ikä v. <i>Alter J.</i>	Rinnan- kork. läpi- mitta (kuo- retta) <i>Brusthöhen- durchmesser (ohne Rinde)</i> cm	Pituus <i>Höhe</i> m	Kuutio- määrä (kuoretta) <i>Volumen (ohne Rinde)</i> m ³
Raivola	I	OT	1	180	47.1	39.4	3.2426
	II a	OMT	2	180	55.5	37.3	3.9325
	I	OMT	3	177	37.1	35.4	1.8380
	II a	OMT	4	182	40.4	36.9	2.0578
	II c	OT	5	184	52.5	41.0	3.8471
	II c	OT	7	179	38.2	39.1	2.2215
	III	OT	8	148	42.7	40.7	3.0542
	III	OT	9	148	42.4	39.6	2.1980
	IV	OMT	10	116	38.5	33.3	1.8566
	VIII	OMT	13	113	38.4	31.8	1.5663
Punkaharju..	7 a	OT	2	51	24.2	25.7	0.5965
	7 a	OT	3	47	26.7	23.1	0.5725
	7 a	OT	4	49	21.8	22.6	0.3887
	7 b	OMT	5	49	25.4	24.3	0.5492
	7 b	OMT	6	47	18.9	21.3	0.2860
	7 b	OMT	7	47	22.0	22.8	0.3930
	15 c	OMT	8	25	18.0	12.4	0.1324
	15 c	OMT	9	25	15.1	12.0	0.0930
	15 c	OMT	10	25	8.6	11.3	0.0355

Liite II.
Beilage II.

Koealojen kasvillisuusluettelo.

Pflanzenverzeichnis der Probeflächen.

Kokeilualue: — Versuchsrevier:	Raivola				Punkaharju	
Koekalan n:o: — Versuchsfläche Nr:	2	3	4	6	7 a	15 c
Metsätyypit: — Waldtyp:	OT	OT	OMT	OMT	OT	OMT
Kasvilaji: — Pflanzenart:	Lajin frekvenssi % ¹⁾ — Frequenz % ¹⁾					
Sphagnum sp.	—	—	+	—	—	—
Dicranum scoparium	14	9	44	37	4	15
» undulatum	5	2	—	6	2	2
» majus	2	—	—	—	—	—
Tetraplodon bryoides	+	—	—	—	—	—
Rhodobryum roseum	62	66	63	65	2	2
Mnium affine	5	16	3	—	6	—
» medium	—	—	—	—	—	2
» cuspidatum	—	—	—	—	2	50
Brachytecium curtum	58	46	67	25	64	55
» reflexum	+	—	—	6	—	2
» seledrosum	—	—	—	—	2	15
» piliferum	—	—	—	—	20	—
Plagiothecium denticulatum	—	2	7	—	—	—
Hylocomium proliferum	—	—	37	19	4	23
Pleurozium Schreberi	28	27	70	87	12	40
Rhytidiadelphus triquetrus	28	2	14	6	4	8
Polytrichum commune	—	2	7	+	—	2
Anthoxanthum odoratum	—	—	—	—	2	—
Milium effusum	58	46	44	47	—	—
Melica nutans	55	27	33	56	—	5
Agrostis vulgaris	—	—	—	—	—	5
Calamagrostis arundinacea	5	29	67	6	2	85
Aera flexuosa	69	52	48	+	4	30
» coespitosa	5	20	14	—	24	5
Poa trivialis	—	—	—	—	98	—
» nemoralis	16	4	11	—	—	13
» pratensis	—	—	—	—	4	—
Festuca rubra	—	—	—	—	—	25
Dactylis glomerata	—	—	—	—	50	—
Carex digitata	62	34	22	71	—	18
» Personii	—	2	+	—	—	—
Luzula pilosa	69	57	85	71	6	23
Athyrium filix femina	5	—	—	—	—	—
Phegopteris dryopteris	5	—	—	—	—	—
» polypodioides	—	+	—	—	—	—
Polystichum spinulosum	+	7	—	—	—	—
Pteris aquilina	12	29	26	3	2	—
Equisetum silvaticum	—	—	—	—	2	—

¹⁾ Niiden 50×50 cm suuruisten 10 m välimatkoilla toisistaan otettujen koeruutujen lukumäärä (prosentteissa), joilla kasvilaji on esiintynyt.

Zahl (in Prozenten) derjenigen 50×50 cm grossen, in Abständen von 10 m genommenen Versuchsquadrate, auf denen die Pflanzenart aufgetreten ist.

Kokeilualue: — <i>Versuchsrevier:</i>	Raivola				Punkaharju	
Koalan n:o: — <i>Versuchsfläche Nr.:</i>	2	3	4	6	7 a	15 c
Metsätyyppi: — <i>Waldtyp:</i>	OT	OT	OMT	OMT	OT	OMT
Kasvilaji: — <i>Pflanzenart:</i>	Lajin frekvenssi % — <i>Frequenz %</i>					
<i>Paris quadrifolia</i>	5	2	37	3	—	5
<i>Majanthemum bifolium</i>	48	73	67	96	2	45
<i>Convallaria majalis</i>	16	25	30	31	—	5
<i>Rumex acetosella</i>	—	23	—	—	—	—
» <i>acetosa</i>	—	—	+	—	46	—
<i>Arenaria trinervia</i>	—	—	—	—	2	—
<i>Stellaria graminea</i>	—	—	—	—	8	28
» <i>holostea</i>	53	20	22	19	—	—
» <i>nemorum</i>	21	9	—	3	—	—
<i>Urtica dioica</i>	—	—	—	—	6	—
<i>Cerastium triviale</i>	—	—	37	—	30	2
<i>Anemone nemorosa</i>	87	64	48	56	—	—
<i>Ranunculus acer</i>	2	2	37	—	36	—
» <i>repens</i>	—	—	—	—	14	—
» <i>polyanthemus</i>	—	—	—	—	4	38
» <i>auricomus</i>	—	—	—	—	42	—
» <i>cassubicus</i>	23	—	7	—	—	—
<i>Rubus saxatilis</i>	9	20	11	59	2	68
» <i>idaeus</i>	—	4	—	—	56	8
<i>Fragaria vesca</i>	12	14	22	37	74	43
<i>Parnassia palustris</i>	—	—	—	—	—	—
<i>Geum rivale</i>	—	—	—	—	44	—
<i>Alchemilla</i> spp.	—	—	—	—	16	—
<i>Ulmaria pentapetala</i>	—	—	—	—	2	—
<i>Vicia sepium</i>	—	—	—	—	44	18
<i>Trifolium repens</i>	—	—	—	—	22	8
» <i>medium</i>	—	—	—	—	—	35
<i>Lathyrus pratensis</i>	—	—	—	—	2	15
<i>Geranium silvaticum</i>	+	—	+	—	—	15
<i>Oxalis acetosella</i>	100	85	100	100	54	—
<i>Viola riviana</i>	18	9	3	31	2	—
» <i>canina</i>	—	—	—	—	+	8
» <i>tricolor</i>	—	—	—	—	2	—
» <i>mirabilis</i>	5	—	—	—	—	—
» <i>rupestris</i>	—	—	—	—	—	+
<i>Epilobium montanum</i>	—	—	—	—	2	+
<i>Aegopodium podagrarium</i>	5	23	3	—	44	48
<i>Hypericum quadrangulum</i>	2	—	—	—	2	8
<i>Pimpinella saxifraga</i>	—	+	—	—	2	43
<i>Angelica silvestris</i>	—	—	—	—	—	18
<i>Chaerophyllum silvaticum</i>	5	—	—	—	92	—
<i>Pirola rotundifolia</i>	2	—	—	—	—	—
» <i>minor</i>	+	—	—	—	3	—
» <i>uniflora</i>	+	—	—	—	—	—
» <i>secunda</i>	—	—	37	22	—	—
<i>Trientalis europaea</i>	30	25	51	47	22	—
<i>Scrophularia nodosa</i>	—	—	—	—	—	+
<i>Brunella vulgaris</i>	51	—	7	—	26	10
<i>Veronica chamaedrys</i>	—	11	14	6	74	50
» <i>officinalis</i>	32	7	14	16	2	8
<i>Stachys silvaticus</i>	—	—	—	—	12	—
<i>Melampyrum pratense</i>	} 2	—	—	} 16	—	—
» <i>silvaticum</i>		2	37		—	25
<i>Myosotis intermedia</i>	—	—	—	—	4	—
<i>Galium uliginosum</i>	—	—	—	—	2	—

Kokeilualue: — <i>Versuchsrevier:</i>	Raivola				Punkaharju	
Koelan n:o: — <i>Versuchsfläche Nr:</i>	2	3	4	6	7 a	15 c
Metsätyyppi: — <i>Waldtyp:</i>	OT	OT	OMT	OMT	OT	OMT
Kasvilaji: — <i>Pflanzenart:</i>	Lajin frekvenssi % — <i>Frequenz %</i>					
<i>Galium mollugo</i>	—	—	—	—	26	15
<i>Campanula rotundifolia</i>	—	—	—	—	10	—
» <i>glomerata</i>	—	—	—	—	8	28
» <i>patula</i>	—	—	—	—	4	—
<i>Knautia arvensis</i>	—	—	—	—	14	28
<i>Solidago virgaurea</i>	46	29	30	47	—	60
<i>Crepis paludosa</i>	7	—	3	—	—	—
<i>Hieracia pilosella</i>	—	—	—	—	—	5
» <i>vulgata</i>	7	—	—	—	—	—
<i>Hieracium umbellatum</i>	—	—	—	—	—	73
<i>Centaurea jacea</i>	—	—	—	—	—	2
<i>Achillea millefolium</i>	—	—	—	—	42	28
<i>Myrtillus nigra</i>	12	18	89	40	—	63
<i>Vaccinium vitis idaea</i>	7	9	30	65	—	40
<i>Picea exelsa</i>	7	7	14	75	—	2
<i>Larix sibirica</i>	16	29	—	—	12	2
<i>Betula odorata</i>	9	7	11	—	—	2
<i>Alnus incana</i>	—	+	—	—	—	2
<i>Sorbus aucuparia</i>	44	4	40	—	8	2
<i>Viburnum opulus</i>	+	—	—	+	—	—
<i>Lonicera xylosteum</i>	+	—	—	—	—	—

Esiintyneiden putkilokasvien lajien lukumäärä:

Oxalis-tyypillä kaikkiaan 86, keskimäärin koealalla 47.

Oxalis-Myrtillus-tyypillä » 66, » » 39.

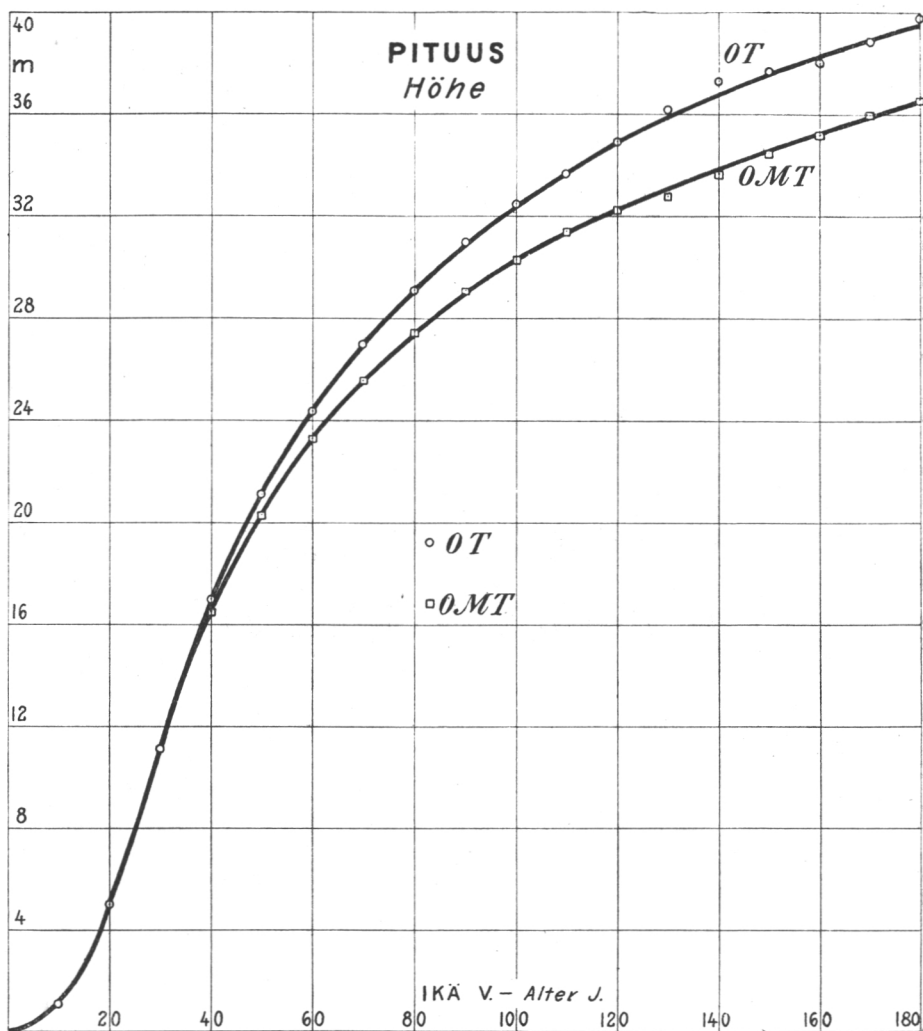
Die Artsumme der vorkommenden Gefäßpflanzen:

Im Oxalis-Typ insgesamt 86 sowie pro Probefläche 47.

» *Oxalis-Myrtillus-Typ* » 66 » » 39.

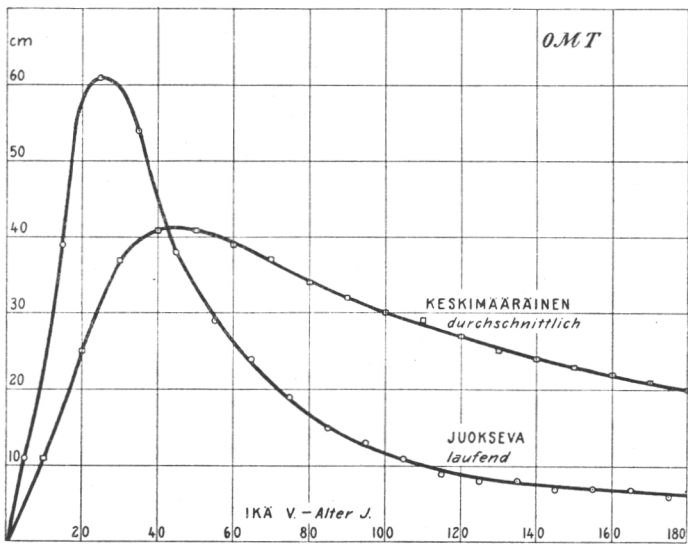
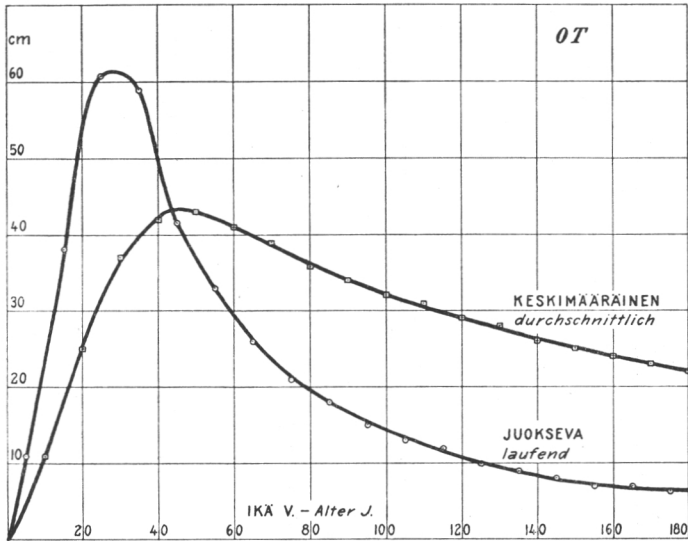
LIITE III.
BEILAGE III.

GRAAFISIA TAULUJA.
GRAPHISCHE TAFELN.



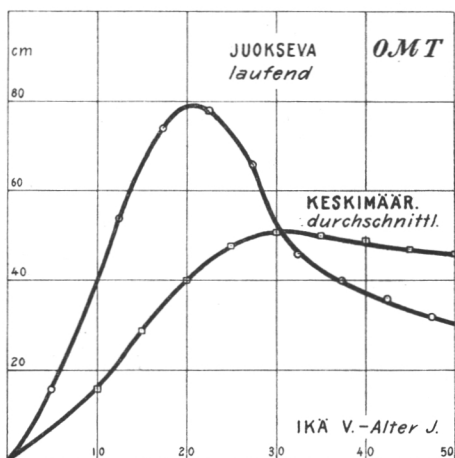
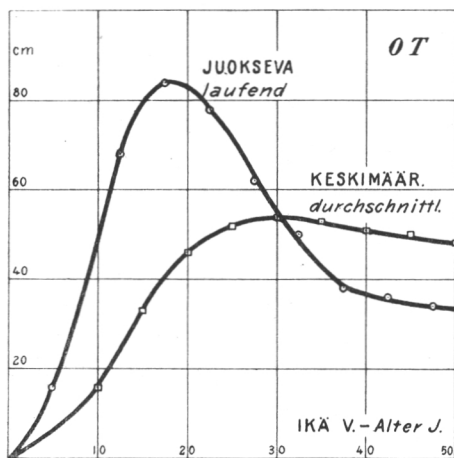
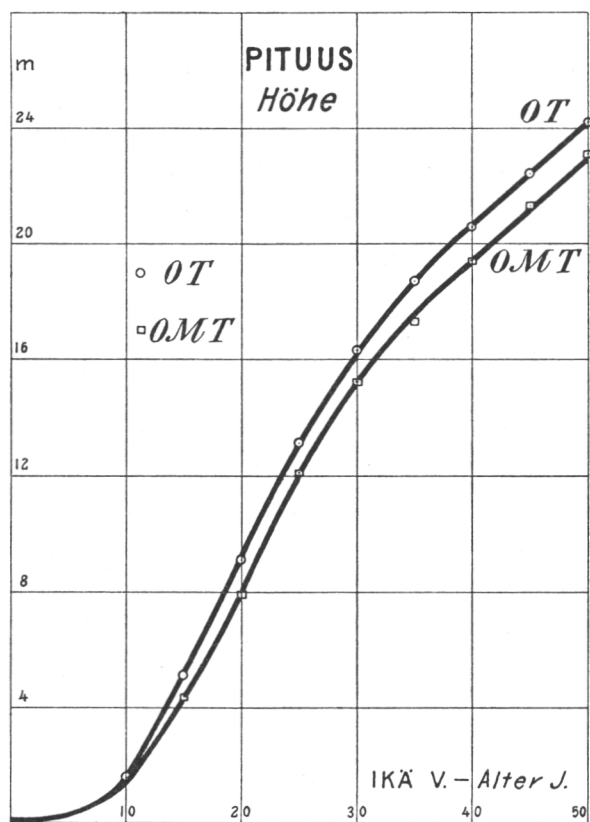
N:o 1. Lehtikuusivaltapuun pituus Raivolassa.

Nr. 1. Höhe des herrschenden Lärchenstammes in Raivo'a.



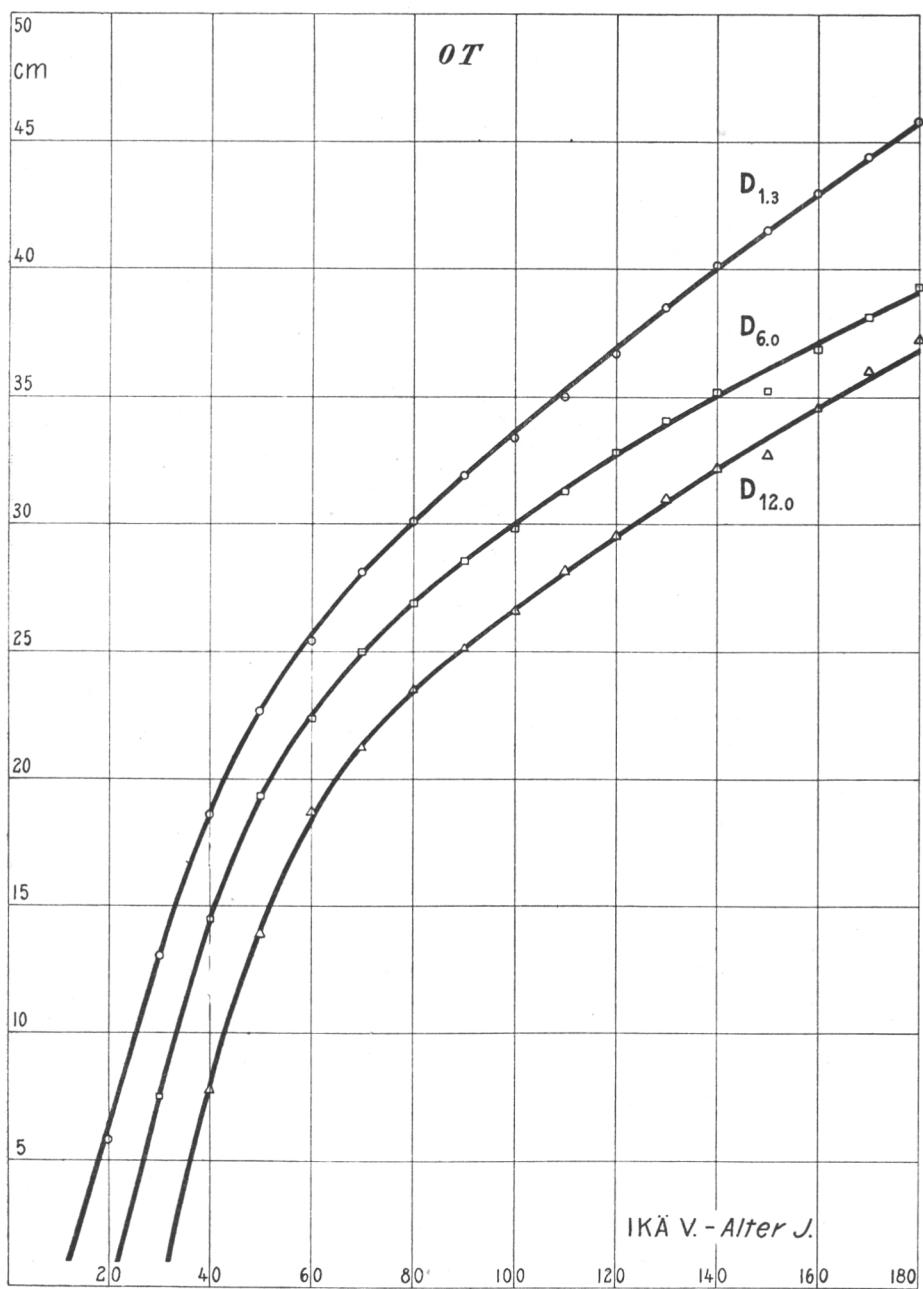
N:o 2 ja 3. Lehtikuusivaltapuun pituuskasvu Raivolassa.

Nr. 2 u. 3. Höhenzuwachs des herrschenden Lärchenstammes in Raivola.



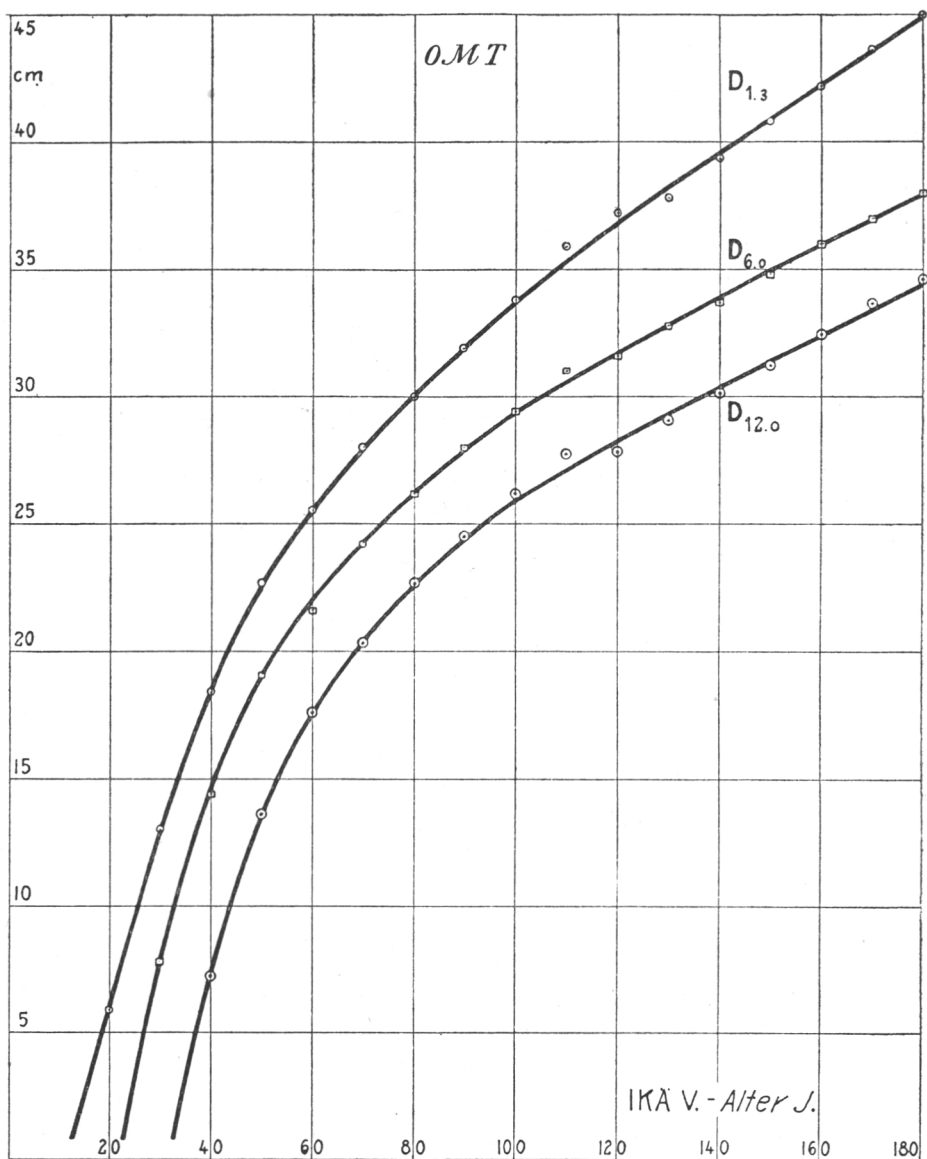
N:o 4, 5 ja 6. Lehtikuusivaltapuun pituus ja pituuskasvu Punkaharjulla.

Nr. 4, 5 u. 6. Höhe und Höhenzuwachs des herrschenden Lärchenstammes in Punkaharju.



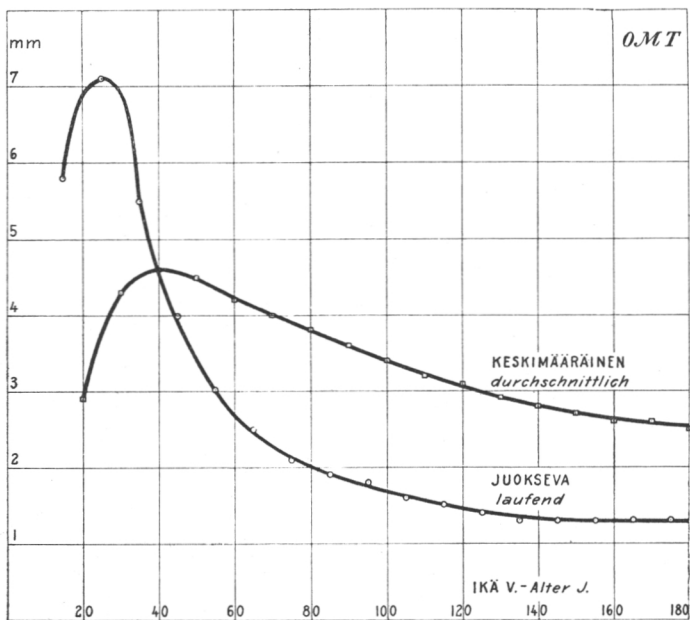
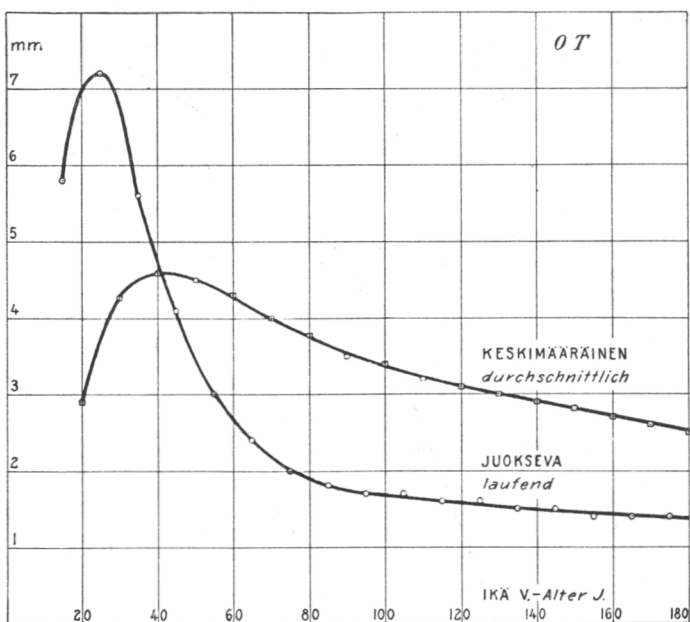
N:o 7. Lehtikuusivaltapuun läpimitta 1.3, 6.0 ja 12.0 m korkeudella Oxalis-tyypillä Raivolassa.

Nr. 7. Durchmesser des herrschenden Lärchenstammes in 1.3, 6.0 und 12.0 m Höhe auf Oxalis-Typ in Raivola.



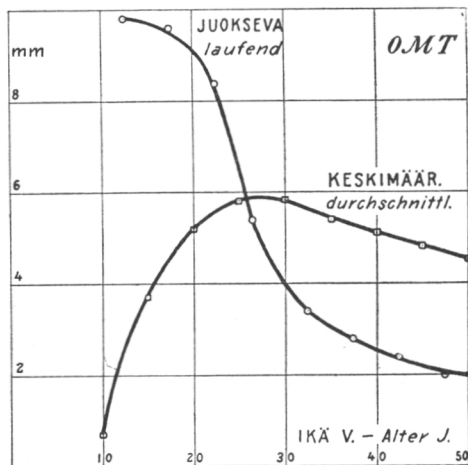
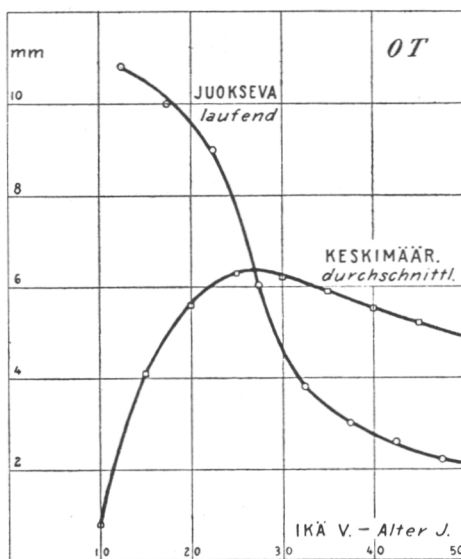
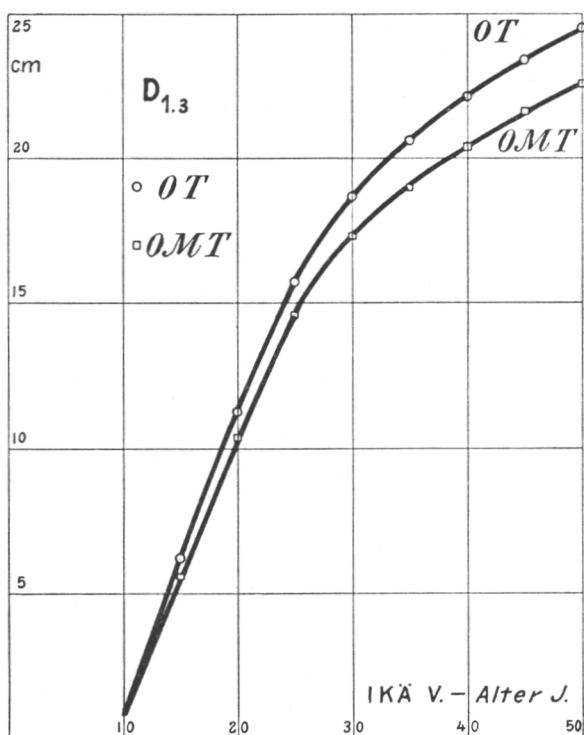
N:o 8. Lehtikuusivaltapuun läpimitta 1.3, 6.0 ja 12.0 m korkeudella Oxalis-Myrtillus-tyypillä Raivolassa.

Nr. 8. Durchmesser des herrschenden Lärchenstammes in 1.3, 6.0 und 12.0 m Höhe auf Oxalis-Myrtillus-Typ in Raivola.



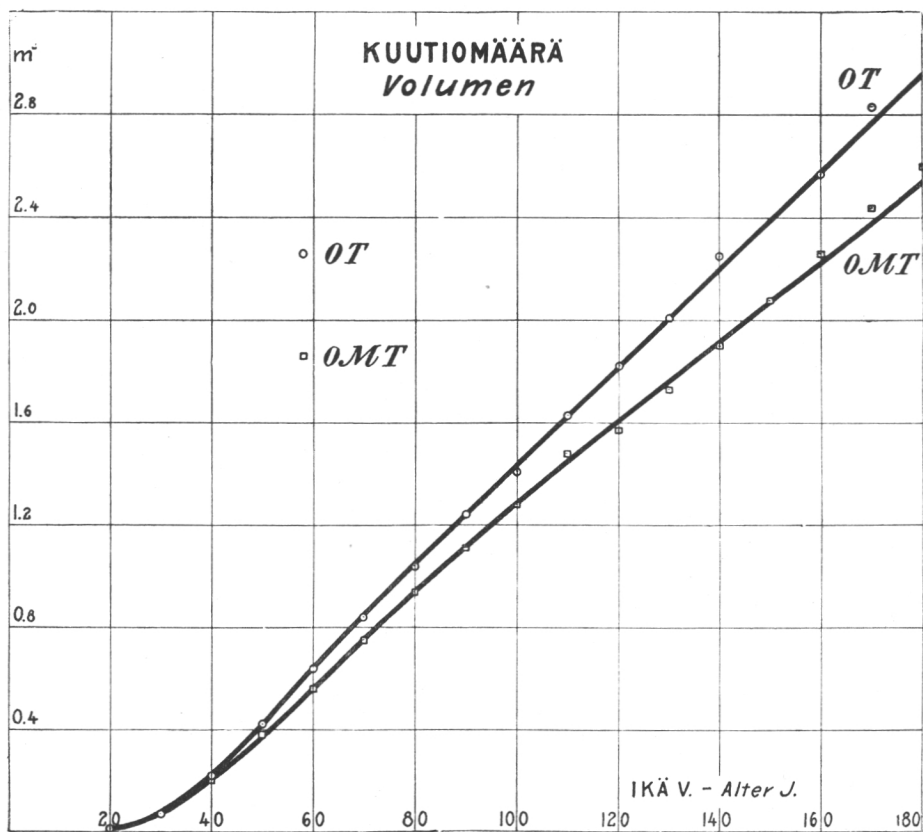
N:o 9 ja 10. Lehtikuusivaltapuun rinnankorkeusläpimitan kasvu Raivolassa.

Nr. 9 u. 10. Brusthöhendurchmesserzuwachs des herrschenden Lärchenstammes in Raivola.



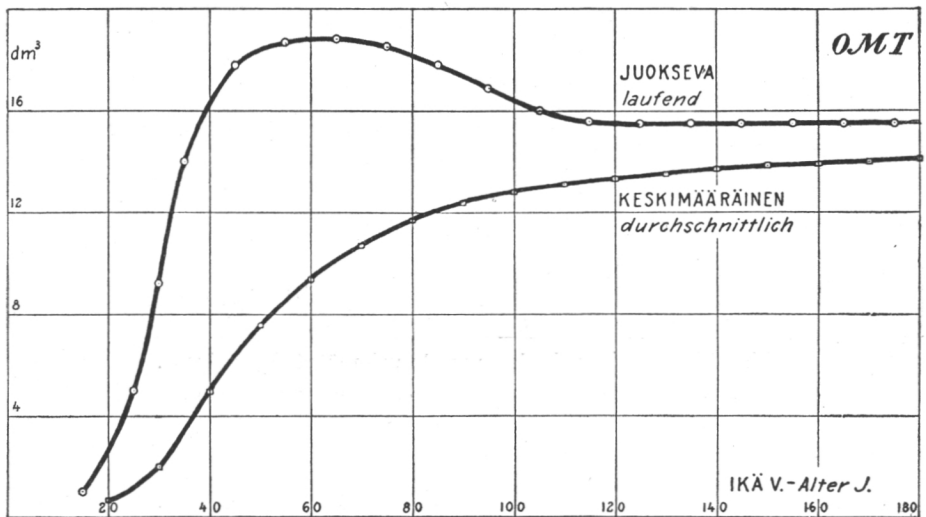
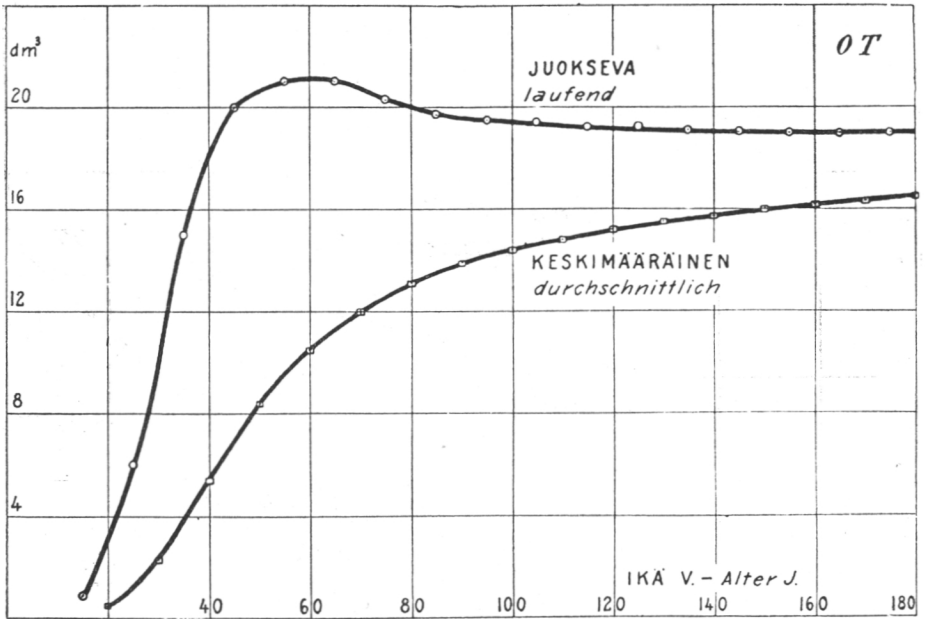
N:o 11, 12 ja 13. Lehtikuusivaltapuun rinnankorkeusläpimitta ja sen kasvu Punkaharjulla.

Nr. 11, 12 u. 13. Brusthöhendurchmesser und dessen Zuwachs bei dem herrschenden Lärchenstamm in Punkaharju.



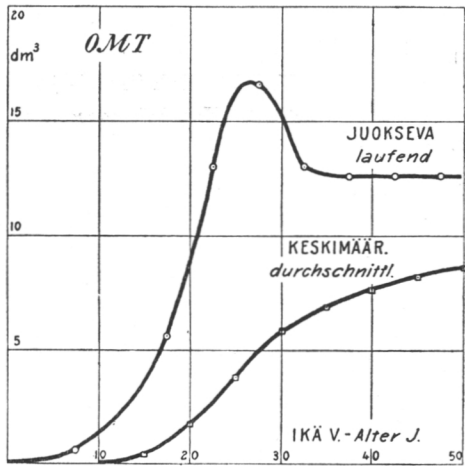
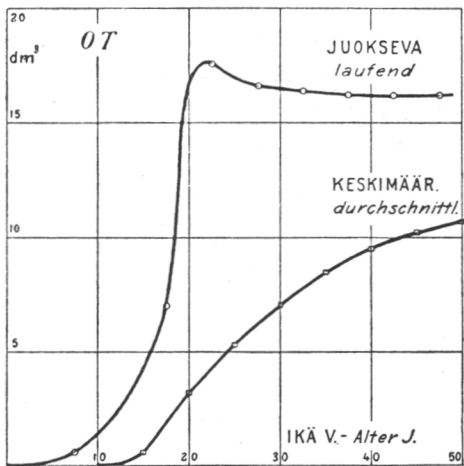
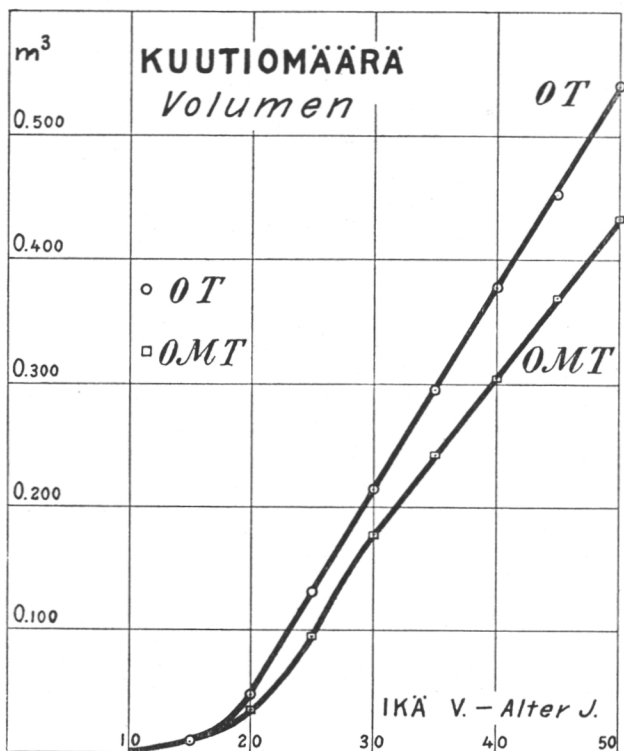
N:o 14. Lehtikuusivaltapuun kuutiomäärä Raivolassa.

Nr. 14. Volumen des herrschenden Lärchenstammes in Raivola.



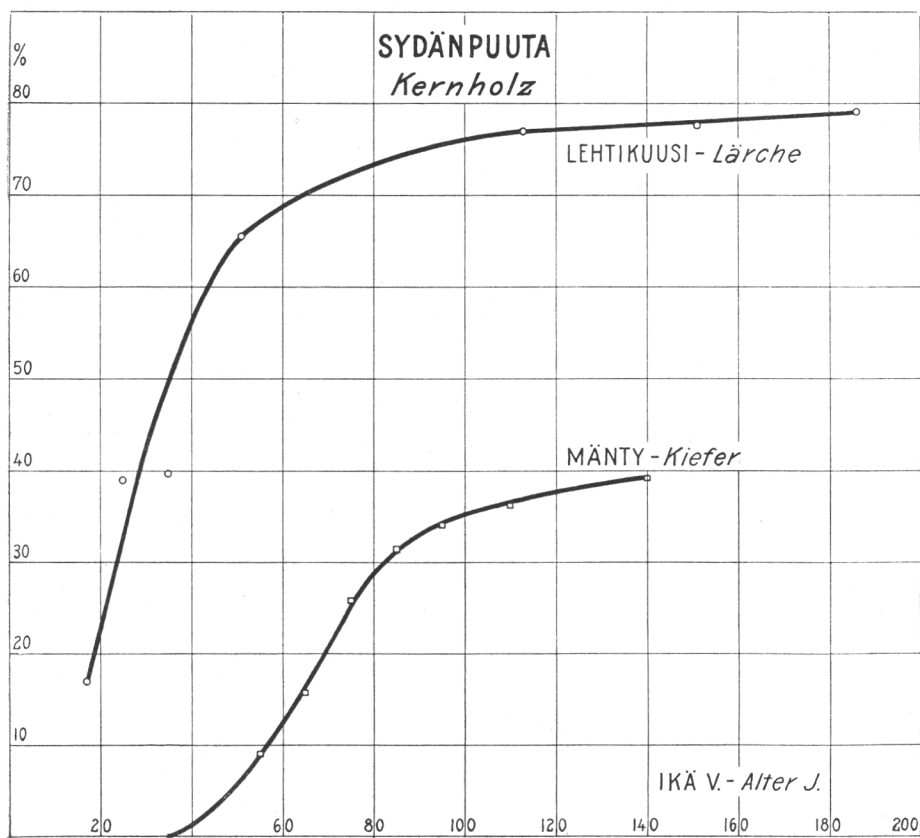
N:o 15 ja 16. Lehtikuusivaltapuun kuutiokasvu Raivolassa.

Nr. 15 u. 16. Volumzuwachs des herrschenden Lärchenstammes in Raivola.



N:o 17, 18 ja 19. Lehtikuusivaltapuun kuutiomäärä ja kuutiokasvu Punkaharjulla.

Nr. 17, 18 u. 19. Volumen und Volumenzuwachs bei dem herrschenden Lärchenstamm in Punkaharju.



N:o 20. Lehtikuusi- ja mäntypuun sydänpuumäärä.

Nr. 20. Kernholzmasse des Lärchen- und Kiefernstammes.

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE WALDGRENZEN UND TORFBÖDEN IN LAPPLAND

VAINÖ AUER

MIT 14 TAFELN UND 2 BEILAGEN

LAPIN METSÄNRAJOJA JA TURVEMAITA
KOSKEVIA TUTKIMUKSIA
SELOSTUS



HELSINKI 1927
VALTIONEUVOSTON KIRJAPAINO

Inhalt.

	Seite
I. Einleitung	5
II. Das allgemeine Vorkommen der Moore	10
III. Die Waldgrenzen im Lichte torfgeologischer Untersuchungen	13
IV. Die Verlandung der Seen	25
V. Die Versumpfung trocknen Bodens	30
VI. Die »Palsat«	33
VII. Paläogeographische Übersicht	41
Erklärung der Beilagen	46

Untersuchungen über die Waldgrenzen und Torfböden in Lappland.

I. Einleitung.

Nach den neuesten Walntaxierungen sind in Finnland 35.7 % des gesamten Flächenraums von Mooren bedeckt.¹⁾ Stellenweise kann diese Ziffer in den nördlichen Teilen des Landes, wo die Verbreitung der Moore eine besonders grosse ist, sogar das Doppelte erreichen.

Deshalb ist es natürlich, dass man in letzter Zeit namentlich vom Standpunkt der Land- und Waldwirtschaft eine immer grössere Aufmerksamkeit auf die Anwendung der Moore gerichtet hat, denn das Vorkommen der Moore bestimmt in mancher Beziehung die Möglichkeiten der Entwicklung unseres wirtschaftlichen Lebens und der Ausbreitung der Besiedelung. Ausserdem beeinflussen die Moore in hohem Grade die Wasserwirtschaft und die Hydrographie in Finnland überhaupt, um nicht erst davon zu reden, dass ihre Einwirkung auf das Klima stellenweise so stark sein kann, dass die wirtschaftliche Lage der ackerbautreibenden Bevölkerung zum grossen Teil von ihr abhängig ist.

Wie bekannt verändert die Pflanzendecke der Moore von Jahr zu Jahr ihren Habitus. Die finnischen Moorlandschaften sind schon deshalb einer ununterbrochenen Verwandlung unterworfen, weil die kleinen Seen verlanden und in die Moorschichten aufgehen, während der Höhenzuwachs der Moore bewirkt, dass grosse Strecken festen Bodens von Mooren bedeckt werden, wobei der Waldboden in Moorland übergeht. Die zuletzt erwähnte Erscheinung ist so überwältigend, dass, wie die Untersuchungen von BACKMAN²⁾ darlegen, bis 95 % des Moorareals ehemaligen Waldboden umfassen. Die Moore sind ferner Sammelstätten, aus denen man die Veränderungen des Klimas der Postglazialzeit ersieht und in welchen unsere älteren Pflanzen vereine begraben liegen. Unter solchen Umständen können wir mit

¹⁾ YRJÖ ILVESSALO, Suomen metsät. Communicationes ex instituto quaestionum forestalium Finlandiae editae 11. 1927.

²⁾ A. L. BACKMAN, Torvmarksundersökningar i mellersta Österbotten. Acta forestalia fennica 12, 1919.

Hilfe der subfossilen Flora die Entwicklung der Flora und Vegetation in Finnland verfolgen, und im allgemeinen schenkt uns also das Studium der Moore den geschichtlichen Hintergrund, gegen welchen gestellt die jetzigen Zustände verständlich werden. Es ist also klar, dass die geographische Forschung in Finnland dieses äusserst dankbare Untersuchungsgebiet nicht unbeachtet lassen darf, umso mehr, als diese Forschungen wirtschaftlich von grosser Bedeutung sind und man mit ihrer Hilfe den festen Zusammenhang zwischen Vergangenheit und Gegenwart entdecken kann, indem man die in der Schichtenfolge der Moore zutage tretenden Gesetze verfolgt und diese dann mit den jetzigen entsprechenden Erscheinungen und der Entwicklung der Moore überhaupt vergleicht.

Obwohl die Moore als biologische und geologische Formationen auseinandergehalten werden müssen, so stehen hier doch Biologie bzw. Gegenwart und Geologie bzw. Vergangenheit in einem so nahen Abhängigkeitsverhältnis zueinander, dass die Klarstellung des einen Punktes mehr oder minder auch die Kenntnis des anderen voraussetzt.

CAJANDER ¹⁾ gibt in seiner 1913 erschienenen Untersuchung eine Darstellung über die Typenverteilung der finnischen Moore auf pflanzen- und topographischer Grundlage. Er kommt dort u. a. zu dem Resultat, dass bestimmte Typengruppen in regelmässigen Kombinationen untereinander oder in Komplextypen auftreten. Er teilt dieselben folgendermassen ein: Typus des Hochmoorkomplexes, die Moorkomplexe des karelischen Typus, Typus des Aapa-Moorkomplexes und Typus des Hügelmoorkomplexes. Gleichzeitig erörtert er ihre hauptsächlichsten Eigenschaften von pflanzen- und topographischem Standpunkt aus und fixiert ihre Erscheinungsgebiete in Finnland. Es gelang Verf. im Jahre 1923 einen für Finnland neuen Komplextypus mit seinen besonderen, von den anderen abweichenden Merkmalen, den sogen. Gehängemoorkomplextypus von Kuusamo, ²⁾ zu finden, und spätere Untersuchungen des Verf:s legten dar, dass auch die stratigraphischen Typen und Torfartengruppen der finnischen Moore in die Verbreitungsgebiete jener Komplextypen gehören. ³⁾ Dazu ergab es sich, dass in jedem Gebiet eines Komplextypus während der postglazialen Zeit spezielle Versumpfungserscheinungen bestanden haben, gleichwie

¹⁾ A. K. CAJANDER, Studien über die Moore Finnlands. *Acta forestalia fennica* 2, 1913.

²⁾ VÄINÖ AUER, Suotutkimuksia Kuusamon ja Kuolajärven vaara-alueilta. *Communicationes ex instituto quaestionum forestalium Finlandiae editae* 6, 1923.

³⁾ —, Die Moore Finnlands als biologische Bildungen. *Verhandlungen des Botanischen Vereins der Provinz Brandenburg* 68, S. 236.

diese noch heutzutage wechseln, nämlich unter Berücksichtigung der oben angeführten Gebietseinteilung der Komplextypen. Damit war der exakte Grund der pflanzen-topographischen Forschungsmethodik nachgewiesen und dadurch erhielt man auch eine geeignete geographische Grundlage für künftige Forschungen. Die Moorforschung in Finnland richtete sich denn auch immer zielbewusster auf das Studium der regionalen Regelmässigkeiten zur Erforschung dieser geographisch wichtigen Gebiete.

Diese regionale Untersuchungsweise ist noch in einer anderen Beziehung wichtig. Da die Grenzen dieser Gebiete, wie nachgewiesen worden ist, der Isothermenrichtung folgen,¹⁾ so ist es klar, dass die pflanzen-topographischen Typen sich den klimatischen Faktoren anpassen, und deshalb darf man erwarten, dass beim Oszillieren der Verbreitungsgrenzen der stratigraphischen Typen die während der postglazialen Zeit herrschend gewesenen klimatischen Schwankungen zutage treten.

Die meisten Untersuchungen sind im Gebiete des Aapa-Moorkomplextypus ausgeführt worden, dazu hat man auch die Haupteigenschaften der Gehängemoorkomplexe von Kuusamo erforscht und zugleich Untersuchungen in den Gebieten des Hochmoor- und des karelischen Komplextypus bewerkstelligt. Am wenigsten kennt man den nördlichsten Moorkomplextypus, wo Verf. im Auftrage der Forstwissenschaftlichen Versuchsanstalt seine Untersuchungen im Jahre 1923 begann und sie im Laufe der Jahre 1924 und 1925 fortsetzte. Schon vorher, 1917 und 1918, hatte Verf. Exkursionen nach Kittilä, Sodankylä, Enontekiö, Inari und Utsjoki gemacht.

Wie erwähnt bilden die Gebiete der Komplextypen deutliche geographische Gesamtheiten mit ihren besonderen Moorvegetationstypen und geomorphologischen Erscheinungen. So werden Nordfinnland und Lappland speziell durch den daselbst auftretenden Hügelmoorkomplextypus mit allen seinen verschiedenen Formen charakterisiert.

Vielleicht am charakteristischsten für Lappland sind die Vegetationszonen und deren Schwankungen von der *Regio alpina* nach der *Regio silvatica* hin. Die von den Moorschichten freigewordenen Baumstümpfe weit in der Alpenregion haben gezeigt, dass die Waldgrenze geschwankt hat, und gerade die Moorforschung hat dieser Frage die historische Grundlage verliehen, auf welcher sie bisher behandelt worden ist.

¹⁾ VÄINÖ AUER, Über einige künftige Aufgaben der Moorforschung in Finnland. Comm. ex inst. quæst. forest. Finlandiae ed. 8, 1924. S. 31.

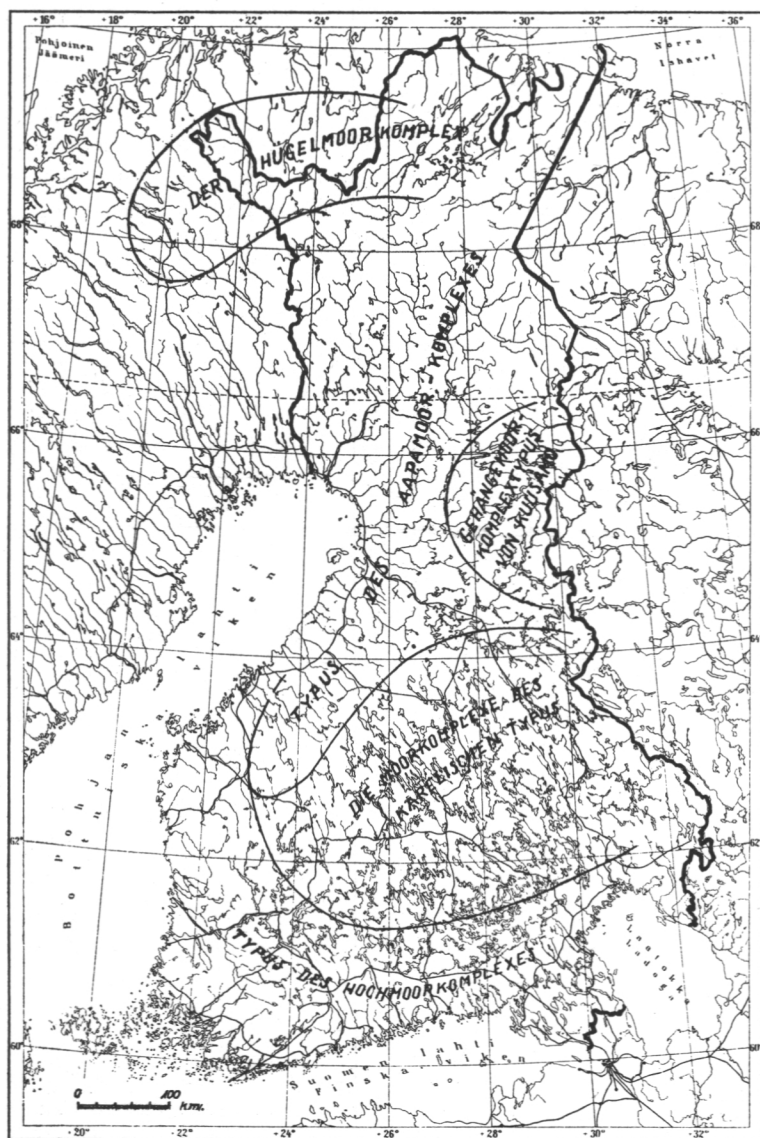


Fig. 1.

Lappland ist in seinen nördlichen Teilen ein offenes, waldloses Land, wo die vom Inlandeis abgenutzten, sanft abfallenden Berge mit rundem, flachem Scheitel, die Fjelds, mit ihrer dünnen Moränen-
decke und ihren Felsblöcken und Steinen bald als einzelnstehende hohe (200—400 m) Hügel aus der Umgebung aufragen, bald in Ketten

dahinziehen, die im nordwestlichen Enontekiö, im nördlichen Utsjoki und auch in Petsamo in Gruppen zusammenstehen und von ausgedehnten Ebenen umgeben sind. Fast überall, sogar an den Abhängen der Fjelds, ist der Einfluss der Versumpfung wahrzunehmen. Diese Abhänge umhüllt eine dünne, versumpfte Tundra, die allmählich in ein sich zum Tal erweiterndes, ausgedehntes und offenes Weissmoor übergeht. Auch die Abhänge der unter der Waldgrenze liegenden Fjelds zeigen dieselbe typische Versumpfung, die mit allen ihren Übergängen den Landschaften ihr charakteristisches Aussehen verleiht.

Aber noch mehr. Auch die morphologischen Eigenschaften der Mooroberfläche sind gerade für das Gebiet dieses Komplextypus charakteristisch. Hier gewahrt man schon von weitem die grossen Riesenbülten, die »Palsat«, als dunkle Erhöhungen auf der durch Gefrierung zerspaltenen Mooroberfläche. Die grossen, unbestimmt geschlängelten Torfwälle, die »Pounut«, und zwischen ihnen die wässrigen Teile der Mooroberfläche, die »Rimpis«, drücken der sonst so einförmigen Landschaft ihr ganz spezielles, buntes Gepräge auf. Namentlich etwas mehr nach Süden bilden diese trockneren und feuchteren Teile der Mooroberfläche regelrechte Systeme, die untereinander eine parallele, zur Strömungsrichtung des Wassers winkerecht gestellte Lage einnehmen. Derartige Moore werden Strangmoore genannt.¹⁾

Da also die Moore landschaftlich eine sehr grosse Rolle spielen, ist es klar, dass eine Erforschung der bisher noch nicht genauer bekannten Eigenschaften der Moore Licht auf die Beschaffenheit dieses geographisch so interessanten Gebiets werfen muss, umso mehr, als man mit Hilfe der Moorforschung imstande sein wird, dieser einheitlichen Landschaftsform und ihren Eigenschaften eine auf geschichtlichen Tatsachen fussende Grundlage zu geben.

Im Jahre 1923 wurden die Untersuchungen in Enontekiö bis zu den entferntesten Fjeldgebieten an der schwedischen und norwegischen Grenze hin eingeleitet. Die Untersuchung umfasste im Jahre 1924 den östlichen Teil von Enontekiö und den Norden und Nordwesten von Kittilä, im folgenden Jahre die Flussläufe des Tornio- und Muoniojoki, den Südteil von Inari und das Flusstal des Paatsjoki in Petsamo. Diese Untersuchungen haben nicht nur den Zweck gehabt, Licht auf den nördlichsten Moortypus, den Hügelmoorkomplextypus, zu werfen, sondern sind auch eng verbunden mit gewissen umfassenden Fragen

¹⁾ VÄINÖ AUER, Über die Entstehung der Stränge auf den Torfmooren. Acta forestalia fennica 12, 1920.

über die Ankunft der Fichte in Finnland und die Intensität der Versumpfung, die ich während vieler Jahre in verschiedenen Teilen des Landes studiert habe. Da jedoch die Untersuchungen in Lappland gewisse Ergebnisse zu liefern schienen, die in mancher Beziehung eben von aktuellem Interesse sind, so finde ich es nötig, einen Teil derselben zu veröffentlichen, trotzdem die Untersuchungen auch in betreff dieser Fragen noch fortgesetzt werden sollen. Deshalb sind die nachstehend vorgelegten Resultate gewissermassen als eine vorläufige Mitteilung zu betrachten. Der Finnische Staat und die wissenschaftlichen Gesellschaften in Finnland haben ihre Aufmerksamkeit speziell auf die Erforschung des neuesten Landgebiets, Petsamo, gerichtet, wo in nächster Zukunft auch systematische Mooruntersuchungen eingeleitet werden sollen.

II. Das allgemeine Vorkommen der Moore.

Das Vorkommen der Moore hängt hauptsächlich von klimatischen, topographischen, pedologischen Faktoren und zum Teil auch von der geologischen Entwicklung des Landes ab.

Schon der Umstand, dass die pflanzen- und topographischen Typen und gewisse oberflächenmorphologische Eigenschaften der Moore, wie das Auftreten von Strängen, dem Verlauf der Isothermen folgen, beweist, dass klimatische Faktoren beim Vorkommen der Moore eine bedeutende Rolle spielen. Das Klima bewirkt das regionale Auftreten der Moore und die übrigen Faktoren geben durch das Hervorrufen lokaler Charakterzüge den Mooren ihr Gepräge. In Nordfinnland ist die Niederschlagsmenge im Vergleich zur Verdunstung gross und die Temperatur im allgemeinen niedrig. Deshalb ist es auch aus klimatischen Gründen recht natürlich, dass die Moore in Nordfinnland eine sehr grosse Ausdehnung haben, wie dies auch im Atlas über Finnland aus der Karte, welche das Vorkommen der Moore darlegt, Fig. 2, hervorgeht.

Die Bedeutung der topographischen Faktoren zeigt sich darin, dass auf den weitesten Ebenen das Auftreten der Moore ausserordentlich fühlbar ist, wogegen dort, wo es enge Täler gibt oder wo die Unebenheit des Geländes im allgemeinen keine grössere Torfakkumulationen gestattet, nur wenig Moore vorkommen. Dadurch u. a. lässt sich die Moorarmut Mittelfinnlands erklären, und die ausgedehnten Moorkländer in Nordfinnland und am Gestade des Bottnischen Meerbusens verdanken ihren Umfang dem Umstande, dass die Entstehung und der Breitenzuwachs der Moore dort so gute Bedingungen vorfinden.

Was die pedologischen, die Bodenbeschaffenheit betreffenden Faktoren anlangt, so ist es ganz natürlich, dass in solchen Gebieten, wo das Wasser schwer abfliessen kann, die Verbreitung der Moore dadurch sehr begünstigt wird. Das ist zum grossen Teil der Grund, warum in Finnland niedrig gelegene Tonböden und die schlecht Wasser durchlassenden Moränenböden stark versumpft sind, ebenso wie auch der Umstand, dass die spärlichen Wasserscheiden in Ostfinnland und in der Nähe des Bottnischen Meerbusens beim Suomenselkä eine so intensive Versumpfung aufweisen, sich zum grossen Teil auf pedologische Faktoren zurückführen lässt. Dabei ist es bemerkenswert, dass die unfruchtbarsten Gegenden stärker versumpft erscheinen als die fruchtbaren.

Den Hintergrund bildet aber selbstverständlich das geologische Alter des betreffenden Bodens. Je »älter« der Boden ist, um den es sich handelt, m. a. W. je länger er durch den Einfluss des Meeres entblösst gewesen ist, desto früher haben sich dort Moore bilden können, so dass also die ältesten Moore in den geologisch ältesten Gebieten zu finden sind. Obwohl die Versumpfungsintensität an der Küste des Bottnischen Meerbusens äusserst gross ist, so dass der Torf, wie ich nachgewiesen habe, der Uferlinie des zurückweichenden Meeres folgt,¹⁾ so gibt es hier im allgemeinen wenig Moore im Vergleich mit höher gelegenen Gebieten. Ausserdem bewirkt die Landhebung Schwankungen der Wasserhöhe in den Seen und ruft besondere Ufermoore hervor, wie meine Untersuchungen dargelegt haben. Die Veränderungen der Bodenneigung haben ausserdem bedeutend zur Versumpfung beigetragen.

Was endlich das Vorkommen der Moore in Lappland und dem nördlichsten Finnland betrifft, so ersieht man aus der Karte, dass sich hier deutlich zwei verschiedenen Gebiete unterscheiden lassen. Südlich des Hügels Saariselkä sind die Moore äusserst zahlreich, aber nördlich desselben gibt es ihrer so wenig, dass dies den Anlass gegeben hat zu der allgemeinen Vorstellung, der Saariselkä bilde deshalb die Grenze der Ausbreitung der Moore, weil nördlich von ihm die Vorbedingungen für die Moorbildung aufhören.

Die klimatischen Zustände zu beiden Seiten jenes Höhenzuges weichen nicht so viel voneinander ab, dass man die geringere Ausbreitung der Moore nördlich desselben dadurch erklären könnte, obschon das kontinentalere Klima in Enontekiö immerhin eine gewisse Wirkung ausüben kann. Aber schon in Utsjoki und Petsamo ist die feuchte

¹⁾ VÄINÖ AUER, Über einige künftige Aufgaben der Moorforschung in Finnland. Comm. ex. inst. quaest. forest. Finlandiae ed. 8, S. 50.

Wirkung des Eismeereres dermassen fühlbar, dass die Moore dort wenigstens ebenso grosse Möglichkeit zur Ausbreitung haben müssten, wie südlich vom Saariselkä, da man auf den Inseln und an der Küste des Eismeereres Torfformationen findet, die sich sogar direkt auf

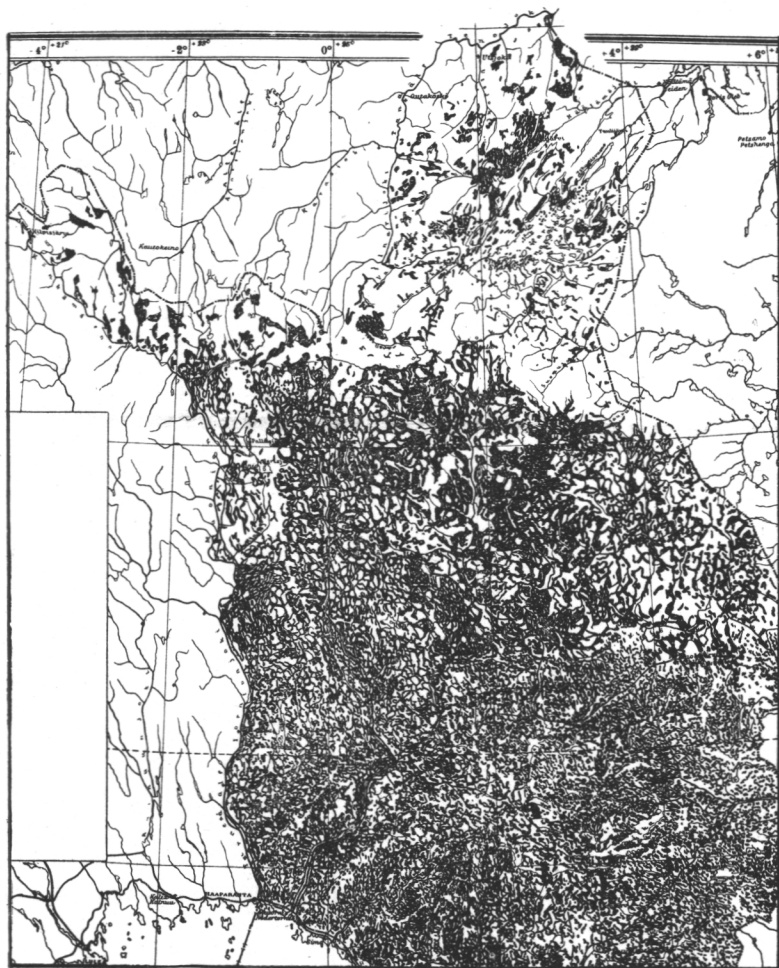


Fig. 2.

(Schwarz bez. Moore. Nach Atlas de Finlande 1910.)

dem konvexen Felsen gebildet haben. Ausserdem sind die Gebiete geologisch so alt, dass auch in dieser Hinsicht nichts ein reichliches Vorkommen von Mooren verhindern sollte.

Schon auf der Karte, die das Vorkommen der Moore wiedergibt, kann man sehen, wo der Saariselkä verläuft und an welcher Stelle in

seinem Westteil die Höhenkette des Ounas- und des Pallastunturi ihre nord-südliche Richtung einschlägt. Dies gibt uns schon im grossen ganzen eine Vorstellung davon, was die Topographie dort für eine Bedeutung haben kann.

Im Lichte dieser Karten ist das Ergebnis recht deutlich, insofern es sich um das Vorkommen der Moore und die Bodenformationsgruppierung handelt, in welchen sich die Topographie deutlich wieder spiegelt. Die Karte, welche die Häufigkeit der Moore veranschaulicht, zeigt, dass die grössten Mooregebiete an folgenden Stellen nördlich vom Saariselkä vorkommen: In Utsjoki, nördlich vom See Inari, befindet sich ein grosses Mooregebiet und nordöstlich davon unweit der norwegischen Grenze gibt es zwei isolierte, ziemlich grosse Gebiete. Weiter liegen zahlreiche Moore bei den Quellen des Lemmenjoki unweit des oberen Laufes des Tenojoki nördlich vom Saariselkä, am oberen Lauf des Ounasjoki desgleichen. In Enontekiö finden sich an vereinzelter Stellen ausgedehnte Moore, die sich alle, wie aus der Karte ersichtlich, auf die Flusstäler konzentrieren. Vergleicht man diese Gebiete mit den Höhenkarten, so zeigt es sich, dass sie mit den offene Flächen darstellenden Gebieten zusammenfallen; und wer in der Lage gewesen ist, in Lappland umherzureisen, hat sich von demselben Verhältnis überzeugen können.

Demnach liegt die Hauptursache, warum die Ausbreitung der Moore nördlich vom Saariselkä geringer ist, in der Topographie. Die südlich vom Saariselkä liegenden grossen offenen Flächen haben bewirkt, dass für die Ausbreitung und den Breitenzuwachs der Moore günstige Vorbedingungen existieren, und darauf beruht die Verschiedenheit der beiden Gebiete in dieser Beziehung. Was die Versumpfungintensität betrifft, ist kein grosser Unterschied zwischen jenen Gebieten nachzuweisen. Das war auch in sowohl klimatischer, als pedologischer und geologischer Hinsicht zu erwarten.

III. Die Waldgrenzen im Lichte torfgeologischer Untersuchungen.

Die im allgemeinen zur Klarstellung der Waldgrenzen ausgeführten Untersuchungen waren bisher meist entweder rein botanischer Art oder auch die Waldwirtschaft betreffend, doch sind daneben in Schwedisch-Lappland auch verdienstvolle torfgeologische Forschungen bewerkstelligt worden.

Eine der allerexaktesten torfgeologischen Methoden ist das sogen. mikroskopische Blütenstaubverfahren, welches das Vorkommen von fossilen Blütenstaubpartikeln in den Moorbodenarten beleuchtet

und von L. von Post entwickelt eine ausgedehnte Anwendung im Gebiete der internationalen Moorforschung gefunden hat. In letzter Zeit ist seine Bedeutung namentlich im Lichte der regionalen Forschung deutlich offenbar geworden. Um den Waldgrenzenfragen soweit möglich eine historische Grundlage zu geben, bediente ich mich dieser Methode bei meinen Arbeiten zur Erforschung der Geschichte der lappländischen Moore und Flora.

Ich habe schon früher hervorgehoben, dass die sogen. Blütenstaubmethode, um richtig verstanden zu werden und um die Verhältnisse während der postglazialen Zeit richtig erklären zu können, verlangt, dass alle ihre Fehlermöglichkeiten und Eigenschaften in betreff der einzelnen Ortschaften und der daselbst herrschenden Zustände gründlich auseinandergesetzt werden. So haben die in Kuusamo und Kuolajärvi ausgeführten Untersuchungen gezeigt, dass die Blütenstaubmethode richtig verstanden ein Indikator für gewisse kritische Torfarten sein kann, um nicht erst davon zu reden, dass man imstande ist, mit ihrer Hilfe die Gesetze und die Entwicklung der Waldbodenversumpfung zu erkennen. Von ausserordentlich grosser Bedeutung ist die Blütenstaubmethode beim Studium der Vanajavesi-Phasen gewesen.¹⁾

Da in manchen Fällen verschiedene Meinungen darüber bestehen, in welchem Masse der sogen. Fernflug des Blütenstaubes den verschiedenen Blütenstaubkurven eines quantitativen Diagramms sein Gepräge verleihen kann, so möchte ich als meine Ansicht hervorheben, dass gerade solche Gebiete, wo die verschiedenen Holzarten bestimmte Zonen bilden, eine Antwort auf diese kritische Frage geben können. In Finnisch-Lappland mit seiner umfangreichen *Regio alpina*, auf welche die Birkenwaldzone folgt und auf diese wieder ein Waldgürtel, der gewissermassen in zwei Teile zerfällt, nämlich in ein nördliches Kiefernwaldgebiet und ein südlicheres Fichtenwaldgebiet, haben derartige Untersuchungen theoretisch gute Vorbedingungen.

Wie aus der Karte ersichtlich, sind im ganzen ca. 90 Moore untersucht worden, von welchen Profile zur Herstellung quantitativer Pollendiagramme entnommen wurden. In vielen Fällen hat es sich um ganz niedrige Moore und Torfformationen gehandelt, deren Alter bestimmt nicht der Dicke des Torfs proportional ist, da sich der Torf z. B. auf abschüssigen Abhängen viel langsamer als in wässrigen Tälern bildet, wie die Untersuchungen in Kuusamo bindend bewiesen haben. Deshalb werden die ergänzenden Untersuchungen in der Weise

¹⁾ VÄINÖ AUER, Die postglaziale Geschichte des Vanajavesisees. Comm. ex. inst. quæst. forest. Finlandiae ed. 8, 1924.

ausgeführt, dass namentlich von niedrigen Mooren die Proben in möglichst kleinen vertikalen Abständen entnommen werden. Dazu ist zu bemerken — ein Umstand, der übrigens auch aus den bisherigen Untersuchungen hervorgeht —, dass vor allem in Nordlappland die Gefrierungserscheinungen in hohem Grade die Harmonie der Resultate beeinträchtigen, weil es nur selten eine ruhige Torfablagerung gegeben hat. Man findet sogar Fälle, wo die Gefrierung in der Form der sogen. »uhku«-Erscheinung die Bodenschichten zur Oberfläche aufgehoben und die chronologische Reihenfolge der Moorschichten vollständig durcheinandergemischt hat.¹⁾

Da die Literatur, welche die Beziehungen zwischen den verschiedenen Holzarten behandelt, darlegt, dass die Meinungen in betreff der Fichtenwaldgrenze in mancher Hinsicht auseinandergehen, so habe ich in den vorliegenden Untersuchungen insbesondere diese Verhältnisse erörtern wollen, umso mehr, als die Fichte als jüngste Holzart eine genaue Klarstellung verlangt.

Von finnischen Untersuchungen sind vor allem die Fichtenstudien von HEIKINHEIMO²⁾ und HAATAJA³⁾ zu erwähnen.

Nach HEIKINHEIMO verläuft die Fichtenwaldgrenze, wie aus der Karte ersichtlich, in der Weise, dass sie bei der Kirche in Enontekiö im Westen eine ziemlich nordöstliche Richtung einschlägt, sich östlich von der Höhenkette des Ounas- und Pallastunturi plötzlich nach Süden wendet und bald danach ziemlich direkt nach Osten über den Saariselkä hinzieht, dabei eine lange Zunge am Ivalojoiki entlang nordwärts bis zum Inarisee vorstreckend, um dann wieder direkt

¹⁾ A. R. HELAAKOSKI, Jäätymisilmiöiden geomorfologisista vaikutuksista. Diss. Helsinki 1912.

Das Auftriebphänomen (»uhku«) wird von HELAAKOSKI folgendermassen beschrieben: »Abgesehen von den Hebungerscheinungen und dem Ausdehnungsdruck des Eises wirkt auf den Mooren noch die Erscheinung des s. g. »uhku«, die namentlich für Moore auf geneigten Böden charakteristisch ist. Nach dem Gefrieren der Moorfläche kann das über geneigte Böden fliessende Wasser nicht seine natürlichen Wege verfolgen, sondern wird unter der Eisdecke einem Druck ausgesetzt, und schliesslich bricht es sich durch das Eis einen Weg in Gestalt eines Eiskraters, der sich neben einem Torfhügel oder an einer anderen schwächeren Stelle bildet. Das ausquellende Wasser zerbricht die Oberfläche des Moores, reisst Stücke aus der Seite des Höckers und kann ganze Höcker zerstören, woneben das von gefrorenem Auftriebwasser gebildete feste Eisdecke durch sein Gewicht und seinen Ausdehnungsdruck kräftiger auf die Oberfläche des Moores einwirkt als gewöhnliche Eisdecke.«

²⁾ OLLI HEIKINHEIMO, Suomen metsärajametsät ja niiden vastainen käyttö. Die Waldgrenzwälder Finnlands und ihre künftige Nutzung. Referat. Comm. ex. inst. quaest. forest. Finlandiae ed. 4, 1921.

³⁾ Nicht veröffentlichte Untersuchungen.

südwärts bis in die Gegend des Raututunturi zu ziehen, mit einem grossen Bogen nach Süden längs dem Talkkunapää, beim Konnos-tunturi wieder eine nördliche Richtung einzuschlagen und schliesslich ostwärts über das Petsamo-Gebiet zu verlaufen. Diese Grenze ist jedoch nur in ihrem westlichen Teil deutlich ausgesprochen. Der öst-

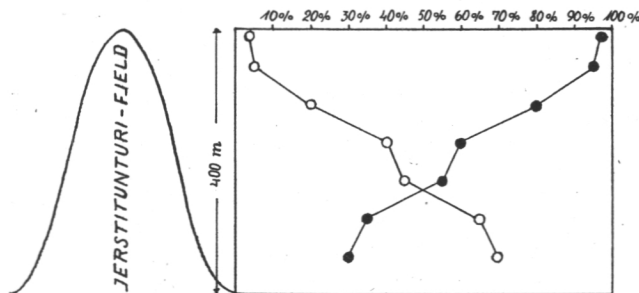


Fig. 3.

liche Teil ist deshalb unbestimmt, weil die Fichte dort nur spärlich und verstreut auftritt, so dass es fraglich ist, inwiefern die daselbst gezogene Grenze tatsächlich der Fichtenwaldgrenze entspricht. Doch legen die Untersuchungen von HAATAJA deutlich dar, dass auch diese Angabe eine reale Grundlage besitzt; denn nördlich der bezeichneten

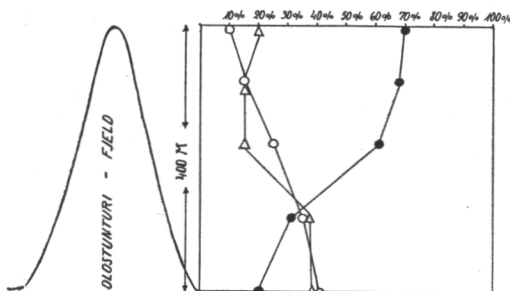


Fig. 4.

Grenzlinie findet sich trockner Heideboden, den die Fichte bekanntlich scheut und der somit gewissermassen ihre nördliche Verbreitung hemmt, ein Umstand, auf den schon HULT ¹⁾ seiner Zeit hinwies.

Ebenso wie in Kuusamo wurde auch in diesem Forschungsgebiet untersucht, inwiefern ein quantitatives Auftreten des Blütenstaubes

¹⁾ R. HULT, Växtgeografiska anteckningar från den finska Lappmarkens skogsregioner. Acta societatis pro fauna et flora fennica, XIV, N:o 2, 1898, S. 98.

den Grund der Holzartenzusammensetzung bilden kann. Dabei ergab es sich erstens, dass jede Torfart die für sie charakteristische Pollenzusammensetzung aufweist. Der Braunmoostorf z. B. enthält in vielen Fällen garkeinen Blütenstaub, was manchmal die Resultate stark beeinträchtigen kann. Aber ausser dieser schon früher festgestellten Tatsache können noch manche andere Umstände erwähnt werden, die das Vorkommen von Pollen entscheidend beeinflussen. Wie Figg. 3, 4 und 5 zeigen, ist z. B. die Höhe eines Ortes von grosser Bedeutung.¹⁾ (Bezeichnungen wie in den Beilagen) In der Alpenregion findet man nämlich regelmässig eine etwas

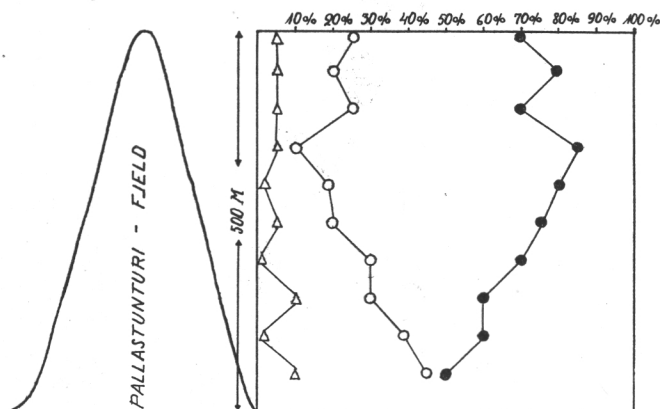


Fig. 5.

grössere Menge Kiefernblütenstaub als anderenorts; dazu legen die örtlichen Untersuchungen an verschiedenen Fjeldabhängen dar, dass mit zunehmender Höhe die Pollenmenge der Kiefer sich vermehrt, während die der Birke sich vermindert, und umgekehrt. So zeigen die auf dem höchsten Scheitel des Jersti- und Saanatunturi (Beilage II, 1—6) bewerkstelligten Untersuchungen, dass die Kiefernpollenmenge dort bis 99 %, in einigen Präparaten sogar 100 % beträgt, trotzdem die nächsten Kiefern mehrere Meilen davon entfernt sind, während die Birke in der Nähe, am Abhang des Berges wächst. Dies

¹⁾ Als ich im Herbst 1925 Prag besuchte, forderte ich meine dortigen Kollegen auf, die vorliegenden Resultate in Böhmen zu prüfen. Nach der Drucklegung meiner Untersuchung, deren Veröffentlichung infolge meiner Reise nach Amerika verzögert worden ist, erhielt ich die Untersuchung von KARL RUDOLPH und FRANZ FIRBAS (»Die Moore des Riesengebirges«), welche darlegt, dass man auch dort zu ähnlichen Resultaten gekommen ist.

beruht darauf, dass die Kiefernstaubkörner leichter sind und höher und weiter fliegen können als die der Birke.¹⁾

Berücksichtigt man das Wesentliche von diesen Umständen, können die Fehler eliminiert und die Resultate zuverlässig gemacht werden.

Wie aus den Diagrammen hervorgeht, lassen sich im Auftreten des Fichtenpollens deutliche Regelmässigkeiten nachweisen. Auf der Karte, Beilage I, sind die Fichtenpollenmengen in der Weise be-

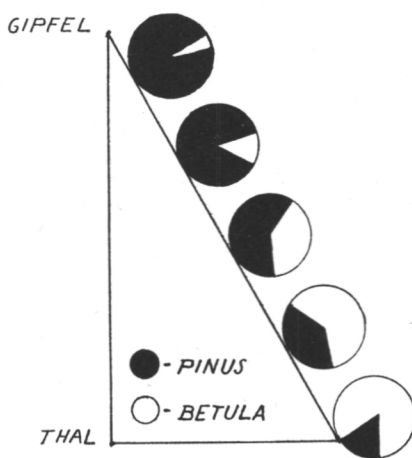


Fig. 6.

zeichnet, dass die kleinsten Kreise das Vorkommen einzelner Pollenkörner angeben, während ein grösserer Kreis die Stellen mit weniger als 10 % Pollen veranschaulicht, ein noch grösserer 10—20 % und der grösste über 20 %. Doch kann man sich in dieser Beziehung nicht in jedem Falle auf direkte Prozentzahlen stützen, weil die Menge und Tiefe der Proben selbstverständlich geschwankt hat und weil an vielen Stellen die Pollenmenge so gering war, dass eine Prozentangabe zu direktem Ferntransport geführt hätte, indem ein einzelnes oder einige wenige Pollenkörnchen ein höheres Prozent erhalten könnten, als ihnen in Wahrheit zukäme. Diese selten zur Anwendung gekommene Massregel hat jedoch in keiner Weise auf die grosse Regel-

¹⁾ Am 10. Juli 1923 nahm Prof. K. LINKOLA von der Oberfläche des Sees Kilpisjärvi Blütenstaub, der sich dort angesammelt hatte, und gab ihn mir zur Untersuchung. Mit dem Beistande meiner Schüler wurden 30 Präparate gemacht, die im Durchschnitt 500—600 Blütenstaubkörner enthielten. Davon stammten durchschnittlich 2—3 von *Picea*, alle übrigen von *Pinus*. *Betula* hatte schon ausgeblüht.

mässigkeit der Resultate, die wir auf der Karte, Beilage¹ I, finden, eingewirkt.

Der grösste Teil der untersuchten Moore enthielt, wie die Karte darlegt, überhaupt keinen Fichtenpollen («praeabiegnische» Schichten, Fig. 7); und wenn wir in Betracht ziehen, was ohne weiteres klar ist, dass weit geflogene einzelne Pollenkörner nicht berücksichtigt werden können, hat sich das fichtenlose Gebiet südwärts bis in die Gegend zwischen Palojoki und Karessuando erstreckt und in der entgegengesetzten Richtung bis etwa zum See Pöyrisjärvi und dem Kirch-

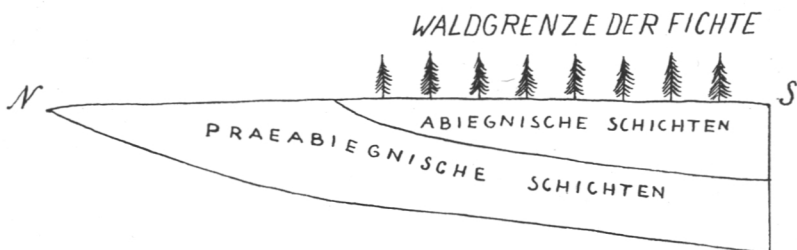


Fig. 7.

dorf Enontekiö. Bei Petsamo bildet der Saariselkä eine scharfe Grenze zwischen diesen beiden Gebieten.

In den Diagrammen, die das Vorkommen von Fichtenpollen veranschaulichen, bricht die Kurve ab und zerfällt in zwei Teile. Dies tritt mit besonderer Deutlichkeit an den nördlichsten Profilen hervor, und aus diesem Grunde dürfen wir annehmen, dass die Einwanderung der Fichte sich nicht ohne Unterbrechung vollzogen hat; wenigstens einmal hat sich die Fichte zurückgezogen und dann einen neuen Vorstoss nach Norden gemacht, um — nach den jetzigen Relikten und auch nach dem Kurvenverlauf zu schliessen — ihre Position vor den trocknen Heideböden endgültig einzunehmen. Gemäss diesen Untersuchungen hat also die Fichte zweimal an ihrer Nordgrenze oszilliert. Die Pollenkurven von Vuontisjärvi legen dar, dass die Fichte bei ihrem ersten Auftreten wenigstens bis ziemlich nahe an den See Vuontisjärvi herangekommen ist, diesen sogar vielleicht erreicht hat. Auch der zweite Vorstoss hatte einen grösseren Umfang als die jetzige Grenze; denn die nördlich von der Kirche in Enontekiö ausgeführten Untersuchungen zeigen, dass er die jetzige Grenze im Norden mit fast 2 Meilen überschritt. Ferner ersehen wir aus den Kurven der Diagramme, dass die Ankunft der Fichte sich im Norden viel langsamer als weiter südlich vollzogen hat, und eine Oszillation ist nur in den nördlichsten Grenzzonen zu erkennen.

Wie bekannt hat sich die Kiefer verhältnismässig spät während der postglazialen Periode zurückgezogen, nach SERNANDER und FRIES ¹⁾ vor etwa 2 500 Jahren, im Beginn der subatlantischen Zeit. Die Diagramme lassen das Zurückweichen der Kiefer deutlich erkennen, und wenn wir das Auftreten der Fichte damit vergleichen, so finden wir, dass ihre Einwanderung dann stattfand, als die Kiefer sich zurückzuziehen begann. In dem Fall, dass das Vorkommen der Fichte im allgemeinen, wie bekannt, von dem Einfluss eines kontinentaleren Klimas zeugt, würden die beiden Fichtenperioden zwei kontinentalere Wirkungen in klimatischer Beziehung darlegen und würde das Zurückweichen der Fichte von einem mehr atlantischen Hauch im Klima hervorgerufen sein.

Der Umstand, dass die Kiefer sich bis zu ihren heutigen Stellungen zurückgezogen hat, lässt sich nicht befriedigend erklären, wenn nicht eine Mitwirkung klimatischer Faktoren angenommen wird; doch braucht jener klimatische Umschwung nicht so umstürzend gewesen zu sein, wie die schwedischen Forscher behaupten. In Anbetracht des obengesagten muss man zu dem Schluss kommen, dass die Fichtengrenze namentlich im Westen, wo sie scharf und deutlich hervortritt, nicht nur von klimatischen, sondern von sowohl klimatischen als auch edaphischen und biotischen Faktoren bedingt sein muss.

Diese Untersuchungsergebnisse machen es möglich, die Einwanderung der Fichte in der uns hier interessierenden Gegend in groben Zügen zu erkennen.

Wie die Resultate aus Südfinnland darlegen, ist die Fichte am Ende der Ancylusperiode und im Beginn der Litorinazeit daselbst angekommen und im grossen ganzen in ost-westlicher Richtung weiter in Finnland eingedrungen. Allem Anschein nach ist sie dabei den Isothermen gefolgt und schnell zu den Orten vorgerückt, wo die edaphischen Faktoren sie begünstigt haben, wie z. B. in Kuusamo und auch in anderen Gegenden, die der Fichte noch jetzt vorteilhafte Standorte bieten, so dass sie bestandbildend auftreten kann. Da schon in Mittel-Österbottnien den Litorinaschichten dicke, vor der Fichtenzeit gebildete Schichten überlagert sind, ist die Fichte dort später angekommen, und die noch nicht abgeschlossenen Untersuchungen am nördlichsten Ende des Bottnischen Meerbusens zeigen,

¹⁾ Vgl. viele bemerkenswerte Untersuchungen zitiert von THORE C. E. FRIES, Botanische Untersuchungen im nördlichsten Schweden. Vetenskapliga och praktiska undersökningar i Lappland anordnade af Luossavaara—Käirunaavaara aktiebolag. Uppsala 1913.

dass sie sich dort noch etwas später als in Mittel-Österbotttnien eingefunden hat.

Wenn wir nun daran gehen, die Ankunft der Fichte in Nord-lappland zu erörtern, so müssen wir notwendig die Untersuchungen KAIRAMOS ¹⁾ auf der Halbinsel Kola erwähnen; denn hier bildet die Fichte die eigentliche Baumgrenze und geht nördlicher als die Kiefer, während sie jenseits der Grenze, in Finnland, südlich von der Kiefern-grenze stehen bleibt. Somit schneiden sich die Grenzen der Fichte und der Kiefer östlich der finnischen Reichsgrenze.

Die Tatsache, dass die Fichte von Osten her eingewandert ist, beweist, dass sie im Osten älter als im Westen ist. Dieser Umstand im Zusammenhang mit dem Faktum, dass die Fichte, wie erwähnt, sich während des Zurückweichens der Kiefer in Lappland eingefunden hat, stellt die vorher angeführte Eigentümlichkeit in betreff der Kiefern- und Fichtengrenze in das richtige Licht. Die Fichte erschien auf der Halbinsel Kola zu einer Zeit, als in klimatischer Hinsicht noch günstige Zustände herrschten. Damals wuchs die Kiefer sogar im nördlichen Lappland und viele später nach Süden zurückgewichene Pflanzenarten kamen viel nördlicher als heutzutage vor. So wuchsen *Ceratophyllum demersum* und *Myriophyllum spicatum* (foss. *Myriophyllum* vom Verf. bei Vuontisjärvi, Enontekiö, gefunden) ungefähr an der jetzigen Waldgrenze, ja sogar nördlich davon. Während jener klimatisch günstigen Zeit drang die Fichte, bekanntlich eine biotisch kräftige Pflanzenart, auf der Halbinsel Kola bis ans Meer vor.

Nach Finnland kam die Fichte später und speziell ihre jetzige Waldgrenze erreichte sie damals, als sowohl in Finnland wie in Skandinavien erweislich grosse und zwar unvorteilhafte Veränderungen des Klimas stattfanden. Deshalb mussten natürlich in ihrer Ausbreitungsgeschwindigkeit Hemmungen eintreten. Die erste Erscheinung der Fichte zeigt, dass diese Holzart imstande war, bis in die Gegend von Vuontisjärvi vorzudringen, dann aber sich mit der Kiefer zusammen wieder zurückzog, um später noch ein wenig vorzurücken und innerhalb ihrer jetzigen Grenzen stehen zu bleiben. Man kann annehmen, dass die Fichte sich bei ihrer Ausbreitung günstiger Wuchsplätze bediente und in gleicher Weise wie die Kiefer beim Zurückweichen an jenen günstigen Standorten Relikten zurückliess.

Aus der Karte, Beilage I, gehen auch noch andere Punkte hervor, welche auf diese wichtige Frage Licht werfen. Der Umstand, dass man nördlich von Saariselkä Blütenstaub von Fichtenbäumen nur als

¹⁾ A. OSW. KIHLMAN (KAIRAMO), Pflanzenbiologische Studien aus russisch Lappland. Act. soc. pro fauna et flora fennica. VI, N:o 3. 1890—1892.

fernhergekommenen Anflug in den Moorschichten findet, aber südlich des erwähnten Höhenzuges ein hohes Pollenprozent und in einem Falle gar ein beinahe 1 m dickes, Fichtenblütenstaub enthaltendes Lager antrifft, weist unbedingt darauf hin, dass der Saariselkä ein natürliches Hindernis für die Ausbreitung der Fichte ausgemacht hat. Die Fichte hat also, dem Verlauf des Saariselkä folgend, zwischen Ounastunturi und Saariselkä längs dem Flusse Pöyrisjoki nordwärts vordringen können. Möglicherweise vermochte sie auch im Tal des Ivalojoeki etwas weiter nach dem Inarisee zu wandern. Auch am Muonio ist sie flussauf gerückt. Wie die Fälle von Petsamo darlegen, fehlt die Fichte wenigstens in den Moorschichten im Tal des Paatsjoki, und dieser Umstand weist darauf hin, dass sie gezwungen gewesen ist, sich im grossen ganzen an die Verlaufsrichtung der klimatischen Isothermen zu halten. Der Saariselkä hat die Front der Fichte in zwei Teile geteilt, deren einer in der Richtung nach Petsamo, der andere südlich vom Saariselkä gegen Enontekiö weiterdrang. Der Umstand, dass das Pollenprozent der Fichte südlich vom Saariselkä im nördlichen Teil von Sodankylä relativ niedrig ist im Vergleich mit der entsprechenden Ziffer im Tornio-Tal, lässt uns vermuten, dass ihr Vordringen im ersteren Gebiet ein langsames gewesen sein muss, was auch nicht wundernehmen kann, da die edaphischen Faktoren mit ihren grossen Reiser- und Weissmooren und stellenweise trocknen Heideböden der Fichte ungünstige Standorte darboten.

Im Lichte der obigen Darstellung und Geschichte wird es uns leichter, die allgemeinen Zustände, die in betreff der Fichtenwaldgrenze sich heutzutage geltend machen, zu verstehen. Behufs einer detaillierteren Behandlung der vorliegenden Frage sollen diese Untersuchungen fortgesetzt und vor allem unsere Kenntnisse von der Bedeutung des Saariselkä und dem Charakter der Fichtenoszillationen ergänzt werden.

Wie schon beiläufig erwähnt worden ist, ergibt sich auch aus den Pollendiagrammen die längst bekannte Tatsache, dass die Kiefer sich in südlicher Richtung zurückgezogen hat. Ohne in dieser kurzen vorläufigen Mitteilung näher auf die reichhaltige Literatur einzugehen, welche unseren Gegenstand vielfach und sehr verdienstvoll beleuchtet, will ich bloss feststellen, dass die Pollenkurven der Kiefer in den verschiedenen Diagrammen eine Gesetzmässigkeit darlegen. Die Kurve zeigt in den Bodenschichten ein Minimum, erreicht bald ihr Maximum und senkt sich danach wieder zur Ordinate hin. Man ersieht daraus deutlich, dass die Kiefer allmählich nach Lappland gekommen ist

und dort schnell Boden gewonnen hat, aber unter dem Einfluss des verschlechterten Klimas und der Bodenhebung bis zu ihrer jetzigen Grenze zurückgewichen ist, hier und da an günstigen Standorten Relikten zurücklassend. Weiter zeigen die Diagramme, dass der Rückzug der Kiefer hauptsächlich in den nördlichen Gebieten in den Gebirgstälern deutlich zu erkennen ist und dass für Petsamo eine gewisse Unbestimmtheit charakteristisch ist, welche darlegt, dass dort ein schwächerer Rückzug als in Enontekiö stattgefunden hat. Die deutlichsten Bewegungen der Baumgrenze sind in Enontekiö zu finden, was auf Grund der Isothermenkarte klimatisch zu erwarten war. An den Fjeldabhängen lassen die Pollenbefunde überhaupt nicht auf einen Rückzug schliessen, weil dort, wie erwähnt, die Menge des Kiefernpollens mit der Höhe des Geländes wächst. Es kann ferner noch die Beobachtung gemacht werden, dass das Pollenprozent der Kiefer im allgemeinen weiter nördlich niedriger ist als mehr im Süden.

Aus dem Pollenkurven der Birke können wir ersehen, dass diese Holzart in der älteren Postglazialzeit, als die Kiefer spärlich vorkam, zahlreich vorhanden war, um später abzunehmen und sich dann wieder zu vermehren.

Die Kurve der Erle (Grauerle) zeigt dieselbe Regelmässigkeit wie die aus anderen Orten in Finnland erhaltenen Resultate; ihr Blütenstaub ist in den älteren Schichten reichlicher vorhanden und nimmt nach der Oberfläche hin ab, was darauf hinweist, dass die Zahl der Erlen sich im Laufe der Zeiten vermindert hat.

Wenn wir einen kurzen Rückblick auf die Schicksale der Flora Lapplands während der Postglazialzeit werfen, so müssen wir das allgemein anerkannte Resultat berücksichtigen, dass die klimatischen Verhältnisse beim Rückzuge des Inlandeises und unmittelbar danach die Verbreitung der Pflanzen in hohem Grade begünstigten. Nach der alten Methodik hat man wenigstens nicht mit Gewissheit eine besondere Birkenperiode in Finnland feststellen können; vielmehr sind den Untersuchungen gemäss Kiefer und Birke hier gleichzeitig angekommen, genau so, wie auch die Forschungen in Nordschweden dargelegt haben.

Einige Profile u. a. aus der Nähe von Ropmaeno, Beilage II, 10—11, wo die tieferen Schichten nur vereinzelte Pollenkörner von Bäumen enthalten, stützen die Behauptung, dass, unmittelbar nachdem sich das Inlandeis zurückgezogen hatte, in diesem Gebiete die Periode der Regio

alpina herrschend war. Da z. B. Pollenstaub reichlich vorkommt, kann man nicht annehmen, es wäre nur der Blütenstaub von Bäumen verschwunden; vielmehr liegt die Vermutung näher, dass damals keine Bäume in der Gegend wuchsen. Pollen von Kiefern hat man überhaupt nicht gefunden, und von Birken nur einzelne Staubkörner, die entweder ferner Anflug oder vielleicht Pollenpartikelchen von *Betula nana* sein können, denn es ist nicht möglich gewesen, auf Grund des Blütenstaubes die verschiedenen Birkenarten genau auseinanderzuhalten.

Kiefer und Birke haben auf ihrer gemeinsamen Wanderung gegen Norden nach der kurzen alpinen Periode sich wenigstens im nördlichen Enontekiö ein wenig voneinander getrennt, so dass die Birke etwas früher als die Kiefer ihr Endziel erreichte. Die vorerwähnten Zonen sind also hervorgerufen durch den Einfluss des örtlichen Klimas. Da die Birke die Fähigkeit besitzt, sich in solchen Gegenden, wo der »nordische Charakter« so oder so obwaltet, rascher zu verbreiten, so überholte sie die Kiefer. Unter dem Einfluss der immer besser werdenden klimatischen Zustände errang die Kiefer allmählich die Vorherrschaft, um sie erst infolge der Veränderung des Klimas mit dem Eintritt der subatlantischen Periode wieder der Birke abzutreten. Um die gleiche Zeit kam die Fichte in der Gegend an. Das Verhältnis zwischen Kiefer und Birke beruht ferner darauf, dass die erstere gegenüber klimatischen Veränderungen empfindlicher ist und das Auftreten der letzteren von biotischen Faktoren beeinflusst wird, so dass die Birke z. B. beim Lichterwerden der Kiefernbestände die freigewordenen Wuchsplätze erobert hat.¹⁾

Gemäss den Pollenuntersuchungen lässt sich also während der Postglazialzeit eine kurze alpine Periode unterscheiden, auf welche eine ebenfalls kurze subalpine Birkenperiode aber eine längere Waldperiode folgte, während welcher die Kiefer die Hauptholzart zwischen den Fjelds bildete und diese bis zu grösserer Höhe als gegenwärtig erklimmte. Die letztgenannte Periode war eine Zeit der Klimaverschlechterung.

¹⁾ Vgl. hier u. a. die Untersuchung von MAUNO J. KOTILAINEN, Beobachtungen über die Moosvegetation und Moosflora in NW-Enontekiö in Lappland. Acta soc. pro fauna et flora fennica 55, 1924.

Die Pollenuntersuchungen legen ferner dar, dass in Petsamo auf den Inseln Heinäsaaret im Eismeer die ganze Zeit eine alpine Natur geherrscht hat und dass die jetzige Holzartenzusammensetzung und die Pollenmengen vor allem in den oberen Schichten miteinander im Einklang stehen, wobei jedoch zu bemerken ist, dass man nur auf den Heinäsaaret Oberflächenschichten ohne Kiefernpollen gefunden hat. Auch eine geringe Menge an Kiefernpollen kann also von alpinen und subalpinen Zuständen zeugen.

Der Umstand, dass die älteren postglazialen Perioden dieselbe Zoneneinteilung wie heutzutage aufweisen, besagt meines Erachtens nicht, dass klimatische Verhältnisse ohne weiteres in Parallele gestellt werden können. Während der alpinen und subalpinen Periode der Postglazialzeit herrschte ein günstiges Klima und ihre Existenz beruht darauf, dass die betreffenden Holzarten nicht ebenso schnell, wie das Inlandeis sich zurückzog, sich im Gebiete einfinden konnten. Die älteren Waldgrenzenzonen und Verhältnisse der postglazialen Zeit möchte ich fortschreitend nennen.

IV. Die Verlandung der Seen.

Die Anzahl der untersuchten ehemaligen Seen und Verlandungsfälle beträgt über 50. Der grösste Teil derselben ist schon während der ersten Zeiten der Moorbildung verlandet und bildet nun die Bodenschicht der untersuchten Moore. Die Profile, die neben den Pollendiagrammen stehen, lassen die grössten Regelmässigkeiten in den verschiedenen Phasen der Verlandung erkennen. Sie zeigen u. a., dass auf dem Boden vieler ehemaliger Seen schöne blaue Gyttna lag, die jetzt von einem Dylager bedeckt ist. Der Übergang in telmatische *Carex*-Torfarten erfolgt meistens durch die Vermittelung von *Equisetum*, welches häufig sogar eine ganz reine Torfart unmittelbar über dem limnischen Dy bildet. Auch eine solche Schichtenreihenfolge findet man häufig, dass die Gyttna vollständig fehlt und auf dem Dylager sich entweder *Equisetum*- oder direkt *Carex*-Torf abgelagert hat, den man in gewissen Fällen auch unmittelbar auf der Gyttnaschicht findet. Auch solche Fälle sind nicht ungewöhnlich, dass die Bodenschicht aus einer dyartig zersetzten, *Equisetum* enthaltenden Torfsubstanz limnischen Ursprungs besteht. In den ältesten ehemaligen Seen Lapplands kann man also eine vollständig ruhig abgelagerte Moorbodenarten-Akkumulation konstatieren, die z. B. den ent-

sprechenden infra-aquatischen verlandeten Formen Mittel-Österbottniens sehr ähnlich ist.

Die Seen sind meistens klein und vor allem seicht gewesen, ganz so wie die ehemaligen Seen Nordfinnlands überhaupt. In den grössten und tiefsten Seen, die manchmal $\frac{1}{2}$ km lang und einige hundert Meter breit sein können, hat sich Gytta abgelagert, während die Bodenschicht kleinerer Weiher entweder nur Dy oder eine *Equisetum* enthaltende limnische Torfart aufweist. Nach der Dicke der limnischen Schichten zu urteilen, ist das Wasser hier ehemals einige Dezimeter bis etwa 1 Meter tief gewesen.

Gemäss der Schichtenreihenfolge, die sich in diesen Verwachsungsfällen deutlich feststellen lässt, ist die infra-aquatische Entstehungsweise fast ausschliesslich vorherrschend gewesen. Nur äusserst selten hat man eine supra-aquatische Verwachsung finden können, die sich dann gewöhnlich auf *Amblystegium*-Arten zurückführen lässt. Als besonders bemerkenswert sei erwähnt, dass viele limnische Moorbodenarten in Lappland reichlich Kieselalgen enthalten, in solchen Mengen sogar, dass die Schichten ganz weiss aussehen. An vielen Stellen kommen sogar vollständig reine Kieselalgenbodenschichten unter dem Torf vor.

Von jetzt verlandeten Gewässern ist es schwerer gewesen, gutes Material zu erhalten, weil die geeignetsten Seen schon alle während der postglazialen Zeit verlandet sind. Immerhin kann man deutliche Gesetzmässigkeiten finden, welche genügen, um die allgemeine Art der Versumpfung darzulegen.

Die gegenwärtig in Verlandung begriffenen Seen und Weiher befinden sich gewöhnlich im Zentrum grosser Moore, von Torfwällen und Büten umgeben, und ihre Erforschung ist mit grossen Schwierigkeiten verbunden, weil die Wässrigkeit der Moore den Forscher nicht genügend nahe herankommen lässt. Nach der Stratigraphie und dem allgemeinen Charakter der Seen zu schliessen, handelt es sich in manchem Falle um sekundär entstandene Seen und Weiher. Infolge des Gefrierens und der Abrasion der Wellen sind die Ufer zerrissen und grosse Moorstreifen und Moorinseln sind weit gegen das Zentrum verschoben worden. In manchen Fällen sind diese Relikten einer ehemals einheitlichen Weissmooroberfläche. Häufig zeigt die Stratigraphie, dass sich am Boden der betreffenden Moore keine Spuren von limnischen Sedimenten finden, so dass die Seen offenbar von sekundärer Art sind, hervorgerufen durch die Stärke der Versumpfung und Gefrierung.

Eigentlich handelt es sich hier um drei Typen. Zur ersten Gruppe möchte ich die »Rimpi«-Moore mit offenem Wasserspiegel zählen, wo

das Wasser während der ganzen Vegetationsperiode erhalten bleibt, zur zweiten die tiefen, gewöhnlich kleinen Weiher und zur dritten die ausgedehnten und seichten, von Büten und kleinen Moorwällen erfüllten Weiher.

Lassen wir einige seltene Fälle unberücksichtigt, wo die *Equisetum*- und *Carex*-Vegetation die Verwachsung besorgt, so ist es für die Verlandungserscheinung in den nördlichen Teilen Lapplands heutzutage charakteristisch, dass eine eigentliche Verwachsungsvegetation nicht nachgewiesen werden kann. Eine flüchtige Betrachtung würde auch zu dem Schluss führen, dass eine Verwachsung im eigentlichen Sinne des Wortes nicht mehr existiert, denn die Weiher scheinen überall in Zunahme begriffen zu sein. Doch haben die detaillierten Untersuchungen dargelegt, dass in Nordlappland gegenwärtig eine für diese Gegenden charakteristische Verwachsungsform wirksam ist.

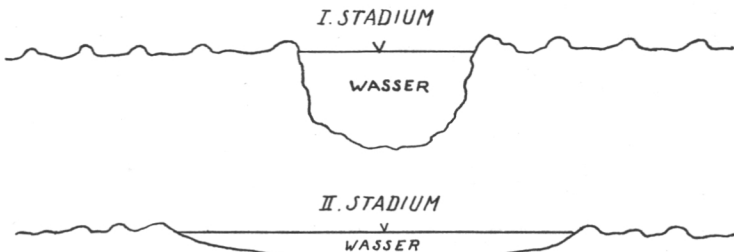


Fig. 8.

Die Entwicklung der zu zweiten Gruppe gehörenden Weiher zeigt nämlich, dass infolge des hier bekanntlich sehr starken Gefrierens die Ufer der Weiher zerrissen und Stücke des Ufersaums immer weiter vom Mittelpunkt des Sees forttransportiert werden. Viele seit längerer Zeit in dieser Gegend ansässige Lappen können erzählen, dass manche Moorweiher im Laufe weniger Jahrzehnte ansehnlich gewachsen sind, und auf eine derartige Entwicklung weist auch die wissenschaftliche Untersuchung der Abrasionsstärke mit absoluter Bestimmtheit hin. Das Resultat der abtragenden Tätigkeit kommt jedoch allmählich zum Vorschein, denn über kurz oder lang beginnt der See infolge der in seinem Becken versunkenen Torfbestandteile seichter zu werden, so dass man anstatt des an Flächenraum kleinen, aber tiefen Sees nun ein seichtes und weites Seebecken vorfindet, Fig. 8. Eine derartige Verwachsung, die teils durch die Abrasion, teils durch die Pressung des Torfs erzeugt wird, möchte ich eine mechanische nennen. In dieser Weise bildet sich statt des limnischen Bodensediments eine

allochtone Torfmasse, die in der Stratigraphie von einer obengeschichteten Verwachsung zeugt. Die Verlandung kann auch noch weiter gehen, derart, dass entweder die Torfwälle und das *Sphagnum*-Weissmoor sich daselbst ausbreiten, oder dass die *Carex*-Vegetation sich auf dem seichten, Rimpi-artigen Boden ansiedelt. Die Erweiterung des Seeareals bildet also den Übergang zur Verlandung. Die progressive Entwicklung bekommt damit einen lokalen Charakter, falls es nicht so geht, wie manchmal nachgewiesen worden ist, dass die Gefrierungserscheinungen das Moor von neuem in ein bülfiges und von Torfwällen unterbrochenes Rimpi-Gebiet zersprengen, wohin jeder Zugang unmöglich ist.

Wie die obige Darstellung zeigt, handelt es sich also um zwei verschiedene geschicht-

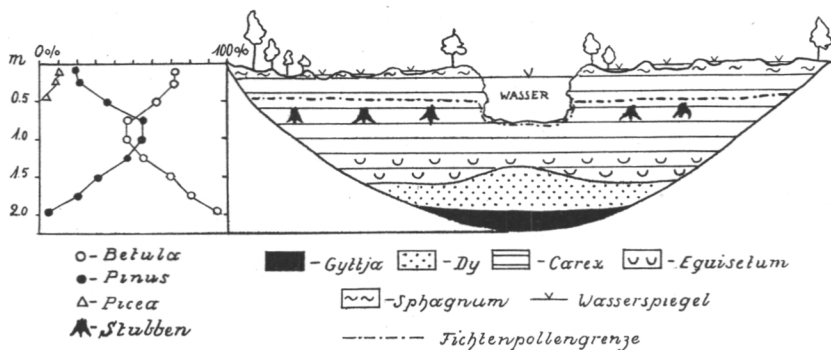


Fig. 9.

liche Verwachsungsformen, eine ältere und eine jüngere. Die Stratigraphie der Moore legt nämlich dar, dass die mechanische Verwachsung nicht in den ältesten Schichten vorkommt, sondern dass sie erst in der Zeit, wo in den Pollendiagrammen die Kieferkurve entschieden zu sinken anfängt, am deutlichsten zutage tritt. Andererseits zeigen die jetzigen Zustände, dass die erstgenannte Verwachsungsweise in den Moorweihern Nordlapplands nur äusserst selten festgestellt werden kann und auch dann gewissermassen eine Zwischenform zwischen den beiden Verwachsungsweisen darstellt.

In Fällen, wo der jetzige Moorsee seit der Postglazialzeit sich ohne zu verwachsen erhalten hat oder wo sich auf einem ehemals verlandeten See heutzutage ein im Verwachsen begriffener Weiher befindet, ist es möglich, die wesentlichen Verschiedenheiten und den Charakter jener beiden Formen deutlich zu erkennen.

Die Frage erhellt aus der schematischen Zeichnung, auf welcher ausser dem Profil auch das Blütenstaubdiagramm, so wie es in ähnlichen Fällen meistens aussieht, vermerkt ist. Die Entwicklung ist dort die folgende gewesen: Am Boden des Seebeckens hat sich reine Gytta abgelagert und auf dieser reiner, dunkler Dy, welcher Samen von *Potamogeton*, *Nuphar* und *Nymphaea*, Überreste von *Myriophyllum spicatum*, nach LINDBERG ¹⁾ sogar von *Ceratophyllum demersum*, enthält. Der die Dy-Schicht überziehende *Equisetum*-Torf zeigt, dass eine von den Ufern her vordringende Schachtelhalmflora den offenen Spiegel des Sees bedeckt und die Verwachsung bewerkstelligt hat, wobei die *Carex*-Vegetation das dadurch entstandene Moor endgültig eroberte. Gemäss dem Pollendiagramm fällt die erste Phase der Verwachsung in eine Zeit, wo die Birke vorherrschend war, und nach der Verwachsung hat die Periode der Kiefer begonnen. Ganz besonders beachtenswert ist der Umstand, dass die ruhige Sedimentablagerung sich zu einer Zeit abgespielt hat, die der subalpinen Periode entspricht. Gerade in ihrem Gebiet ist gegenwärtig die mechanische Verwachsung vorherrschend, ja die einzige Verwachsungsform.

Weil sich unter dem jetzigen See eine ruhig abgelagerte *Carex*-Torfschicht befindet, muss dieser See ein von der früheren Seeperiode unabhängig entstandener sekundärer Weiher sein. Die Grenze des Fichtenblütenstaubes verläuft im *Carex*-Torf gleichmässig wagerecht, bricht jedoch ab, nachdem sie mit dem Wasser des Weihers in Berührung gekommen ist, und am Boden des Weihers findet man Fichtenspollen im Kontakt zwischen der auf den Boden des zerstörten Beckens gesunkenen Torfmasse und dem normalen *Carex*-Torf. Dieser Umstand beweist deutlich, dass es sich um eine Transgression des Wassers handelt und dass die Entstehung des Sees sich mit aller Wahrscheinlichkeit auf die Zeit nach der Ankunft der Fichte zurückführen lässt, d. h. eine Zeit, wo nach dem Diagramm die Kiefer spärlicher und die Birke wieder vorherrschend wird. Daraus, dass gegenwärtig ein Weissmoor mit hohen Torfwällen und mit *Sphagnum*-Decke den See auf allen Seiten umgibt, dürfte man schliessen können, dass die Wasseroberfläche ein wenig gesunken ist. Vgl. Fig. 9.

¹⁾ HARALD LINDBERG, Resultaten av de phytopaleontologiska undersökningarna inom Lappmarkens härad. — Finska Mossk. Årsbok 1911.

V. Die Versumpfung trocknen Bodens.

Häufig werden die Versumpfung des trocknen Bodens und die Versumpfung des Waldbodens miteinander in Parallele gestellt und als einander vollständig deckende Begriffe angewandt. In Nord-lappland sieht man aber deutlicher als anderswo, dass sie genau auseinandergehalten werden müssen, schon deshalb, weil aus Mangel an Wald von einer Versumpfung des Waldbodens im eigentlichen Sinne des Wortes keine Rede sein kann. Da die Versumpfung des trocknen Bodens also auch die Versumpfung des Waldbodens in sich schliesst, so fände ich es passend, in die wissenschaftliche Nomenklatur den erstgenannten Begriff als Gesamtbezeichnung einzuführen, welche andere Unterformen, wie Versumpfung des Wald-

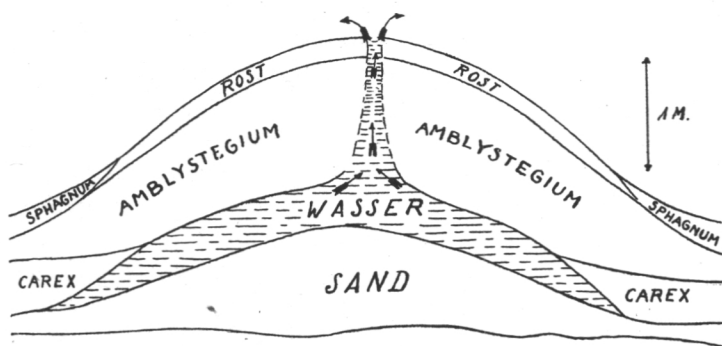


Fig. 10.

bodens, der Meeresufer, der entblösten Felsen, der Überschwemmungsufer in gewissen Fällen usw., umfassen würde.

Die Versumpfung des Waldbodens erfolgt überall in den Gebieten der Waldregion genau so, wie CAJANDER ¹⁾ die Hauptversumpfungswesen dargestellt hat und wie ich es in verschiedenen Teilen Finnlands genauer nachgewiesen habe. So findet die vom Grundwasser hervorgerufene Versumpfung durchlässigen Bodens entweder dadurch statt, dass die Höhe des Grundwassers im allgemeinen steigt und den Untergrund der Mulden und Becken versumpft, oder dadurch, dass das Quellwasser in seiner Umgebung und seinem Wirkungskreise Moorformationen bildet. Oftmals findet man ganz besondere typische, vom Quellwasser erzeugte Bülden, die häufig einen so bedeutenden Umfang besitzen, dass sie stellenweise als landschaftliche Faktoren Erwähnung verdienen. Die beigelegte Figur 10 gibt eine

¹⁾ A. K. CAJANDER, Op. cit.

derartige Bülte in Nord-Kittilä wieder. Charakteristisch für diese Bülten ist eine grosse innere Sandschicht, durch welche das von unten kommende Wasser hervorsickert und aus einer in der Mitte befindlichen Öffnung sich über die tieferliegenden Teile ergiesst, wobei eine rostige Fällung sich zwischen den Braunmoosen ablagert und den umliegenden Boden versumpft. Die Bülte wächst in der Art eines Kraters. Aber viel gewöhnlicher ist die Versumpfung des Waldbodens infolge des Oberflächenwassers und des unter der dünnen Moränendecke hinströmenden Abflusswassers. Auf ihre Rechnung sind wohl aller Wahrscheinlichkeit nach die ausgedehnten Abhangsversumpfungen bei den Tälern zu setzen, Erscheinungen, zu welchen die Waldbrände in hohem Masse beigetragen haben. Auch das müssen wir in Betracht ziehen, dass das Bodeneis lange bestehen bleibt und grosse Strecken Landes feucht erhält. Einen besonders beleuchtenden Fall findet man am Westhang des Pallastunturi, wo ein grosses tundra-ähnliches Weissmoor mit dünner Torfdecke in der Art eines Abhangsumpfes vom Talboden sich gegen das Fjeld erhebt. Eine Transgression oder durch den Höhenzuwachs bedingte Ausbreitung der Moore ist stellenweise in der Waldregion wahrzunehmen, wogegen das Abfliessen des Sumpfwassers wegen der grosszügigen Topographie nicht zu seinem vollen Rechte kommt.

In der Regio subalpina und alpina bildet das beim Versumpfen des trocknen Bodens sich in den Senkungen ansammelnde Wasser entweder in Form von Oberflächen- oder Grundwasser den wichtigsten Versumpfungsfaktor. An den Abhängen finden sich mit dünnem Torf überzogene, auf dem Felsgrunde sich verschiebende, von dem hier und da hervortretenden Abflusswasser erzeugte Sumpfbildungen.

Bei der Erörterung der Versumpfung des trocknen Bodens müssen wir unsere Aufmerksamkeit auch auf diejenigen Torfformationen richten, die auf dem Scheitel und an den Abhängen der Fjelds vorkommen, aber wir dürfen auch solche nicht vergessen, die die unter dem Einfluss des Eismeeres stehenden Küsten und Inseln aufweisen.

Namentlich bei den südlichsten Fjeldketten, dem Pallastunturi, dem Ounastunturi und dem Saariselkä, findet man an den höchsten Stellen Torf, welcher darlegt, dass die Versumpfung hier gute Vorbedingungen gehabt hat. Gewöhnlich sind diese Torfbildungen sehr niedrig, unter 1 Meter, und in der Weise zentralisiert, dass in den Mulden noch heute eine Torfbildung stattfindet; doch ist dieselbe äusserst schwach, weil dort meistens *Scirpus caespitosus* — bekanntlich ein schwacher Torfbildner — wächst. Diese Torfschichten bestehen jedoch aus reinem Seggentorf. An den Abhängen und den Fjeldspitzen ist der Torf dagegen trocken und wird von Wasser und Wind

destruiert. An vielen Stellen gibt es grosse Erosionsbülten und Spalten, die bis in den Mineralboden hineinreichen. In derartigen Tundraformationen hat der Torfbildungsprozess schon ganz aufgehört, ein Umstand, den u. a. HULT ¹⁾ besonders hervorhebt.

Es ist das unter dem dünnen Moränenüberzuge der Fjelds und den Verwitterungsbestandteilen hinfließende Wasser, welches die Versumpfung jener Fjelds hervorruft. Doch spielt die Feuchtigkeit der Luft dabei auch sicher eine grosse Rolle.

Eine solche Bodenfeuchtigkeit, welche die bisweilen über ein Meter dicken Torfbildungen hervorgerufen hat, die man z. B. auf den Inseln Heinäsaaret und an der Eismeerküste auf dem konvexen Felsuntergrunde abgelagert findet, können hier jedoch nicht in Betracht kommen. Die Oberflächenvegetation besteht hier hauptsächlich aus dem Lebermoos *Blepharozia ciliaris*, *Dicranum* usw. nebst niedrigen Halbsträuchern, oder in den Senkungen aus Arten der *Spagnum acutifolium*-Gruppe. Der Torf ist unmittelbar unter der frischen Oberflächenschicht vollständig zersetzt. Das Auftreten dieser merkwürdigen Moorformationen wird in der Weise von dem feuchten Seeklima beeinflusst, dass dieses die Moosbildung hervorruft, während die Winterkälte dafür sorgt, dass das entstehende Torfelement nicht fortgeschwemmt wird und es dabei gleichzeitig zu einer dermassen feinen und trocknen Torfmasse zersetzt, dass nur die Wurzeln der Reiser darin unterschieden werden können.

Ganz besonders beachtenswert ist der Umstand, dass es auf den Inseln im Inarisee (z. B. auf den Kaamas-Inseln) grosse Torfvorkommen gibt, wo der Torf über 1 Meter dick sein kann und wo dennoch gegenwärtig guter Wald wächst. An den Küsten des Eismeereres dauert die Entwicklung dieser von der Feuchtigkeit der Luft bedingten Moorform weiter fort, aber z. B. auf den Inseln des Inarisees habe ich nicht mehr eine derartige eben noch fortbestehende Versumpfung feststellen können. Was endlich die oben beschriebene Versumpfung der Fjelds anbetrifft, so legen die Untersuchungen nicht allein der südlichen Fjeldketten sondern auch in Utsjoki und Enontekiö dar, dass sog. tote Torfbildungen reichlich vorhanden sind, stellenweise dermassen erodiert, dass die über 1 Meter dicke rohe *Carex*-Torfschicht mit allen ihren verschiedenen Abstufungen deutlich zutage tritt. Dieses wurde u. a. am Pöyrisjärvi und an vielen Stellen in Enontekiö und Petsamo in Lappland wahrgenommen.

Die geologische oder historische Übersicht auf der Grundlage der Moorstruktur legt mit genügender Deutlichkeit dar, dass zu der

¹⁾ R. HULT, u. a. Op. cit.

Zeit, als der grösste Teil von Finnisch-Lapland von Kiefernwald bedeckt war, gerade eine Versumpfung des Waldbodens in der jetzigen Regio alpina und subalpina stattgefunden hat. Man findet nämlich in den Moorschichten Kiefernstümpfe, welche davon zeugen, dass auch auf den Mooren Kiefernwald gewachsen ist. Solche Fälle gibt es bis zum See Kilpisjärvi am Fusse des Mallatunturi und Saanatunturi.

Nach meiner Auffassung lässt sich die Entstehung der Tundra wenigstens zum Teil auf jene Zeiten zurückführen, wo während der Verschlechterung des Klimas der Wald verschwand und die Versumpfung in seinen Spuren folgte. An vielen Stellen schickt die Tundra Ausläufer nach Süden bis in die Waldzone hinein, namentlich in den höchsten Bereichen der südlichen Fjeldgebiete. Somit ergeben sich für das Zurückweichen der Waldgrenze bis zu ihrer jetzigen Stellung u. a. folgende Hauptursachen: die Verschlechterung des Klimas, die Landhebung, infolge welcher das ganze Gebiet höher steigt (vgl. die sog. Massenerhebung), und die Versumpfung, die dem weichenden Walde auf dem Fusse nachfolgend ein neues etwaiges Vorrücken erschwerte. Die Ergebnisse der in Nordlappland ausgeführten, die Versumpfung trocknen Bodens betreffenden Untersuchungen lassen sich folgendermassen kurz zusammenfassen:

Die Pollenuntersuchungen legen dar, dass die Versumpfung des trocknen Bodens nach dem Zurückweichen der Kiefer bessere Vorbedingungen als vorher gehabt hat.

Der Torfbildungsprozess hat an vielen Stellen, u. a. in Tundraform auf den Fjelds und als Versumpfung der Inseln im Inarisee, vollständig aufgehört.

Aus dem obigen geht hervor, dass zu irgendeiner Zeit während der postglazialen Periode die Versumpfungsintensität grösser als jetzt gewesen ist; nach der Düntheit der Torfschichten zu schliessen, lässt sich jener Zeitpunkt wenigstens zum Teil in die späteren Phasen der Postglazialperiode verlegen.

Die versumpften Tundren sind nach meiner Auffassung in vielen Fällen Relikten.

VI. Die »Palsat«.

So heissen im Volksmunde die auf den lappländischen Mooren vorkommenden Riesenbülten, die gewöhnlich eine Höhe von 2—4

Meter besitzen, aber wie FRIES ¹⁾ nachgewiesen hat, im schwedischen Lappland bis 7 Meter hoch werden können. Ebenso schwankend wie ihre Höhenwerte sind auch ihre Längen- und Breitenziffern. Die Länge beträgt gewöhnlich von zwei bis einigen zehn Metern und die Breite schwankt zwischen 2 und 10—20, jedoch so, dass die Werte in einem bestimmten Verhältnis zueinander stehen. Je höher der Torfwall ist, um den es sich handelt, umso geringer ist im Verhältnis seine Länge, während eine grosse Höhe auch eine grössere Breite bedingt. Deshalb zeigen denn auch die höchsten Palsat einen rundlichen Grundriss. Bisweilen können sie gleichmässig flach und ausgedehnt sein.

Trotzdem die Palsat zu den Miniaturformationen der Erdoberfläche gehören, kann man sie doch wie alle anderen Oberflächenformationen morphologisch gruppieren. In dieser Beziehung verweise ich auf eine von mir früher veröffentlichte Studie, welche die Morphographie dieser Riesenbülten behandelt. ²⁾ Stellenweise, wo diese Palsat reichlich vorkommen, sind sie so charakteristisch für die Landschaften in Lappland, dass man sie mit vollem Recht als die wichtigsten Faktoren einer speziellen lappländischen Palsa-Landschaft betrachten darf. Für ihre Bedeutung spricht auch der Umstand, dass viele Forscher schon früher ihre Aufmerksamkeit auf die Entstehung und das Vorkommen dieser eigentümlichen Formationen gerichtet haben. So benennt CAJANDER ³⁾ den in Nordlappland vorkommenden Moor-komplextypus nach ihnen einen Palsa- oder Hügelmoorkomplextypus. Auf der Halbinsel Kola dürfte man wenigstens in manchen Fällen ähnliche Palsat wie in Finnland und auch in Schweden finden, aber nach den Schilderungen KAIRAMOS ⁴⁾ zu schliessen dürften die fraglichen Gebilde doch von wesentlich anderer Art sein, und nicht dermassen selbständig und gegen ihre Unterlage abgegrenzt wie in Enontekiö, sondern augenscheinlich vielfach Überreste einer ursprünglich ebenen Moor- oder Tundraoberfläche.

Wie erwähnt ist das Palsa-Problem viel erörtert worden. Schon FELLMAN ⁵⁾ erwähnt die Palsat in seiner Schilderung der lappländischen Natur, aber ihre wissenschaftliche Klarstellung begann erst nachdem NORRLIN 1871 und ein paar Jahre später von ihnen ge-

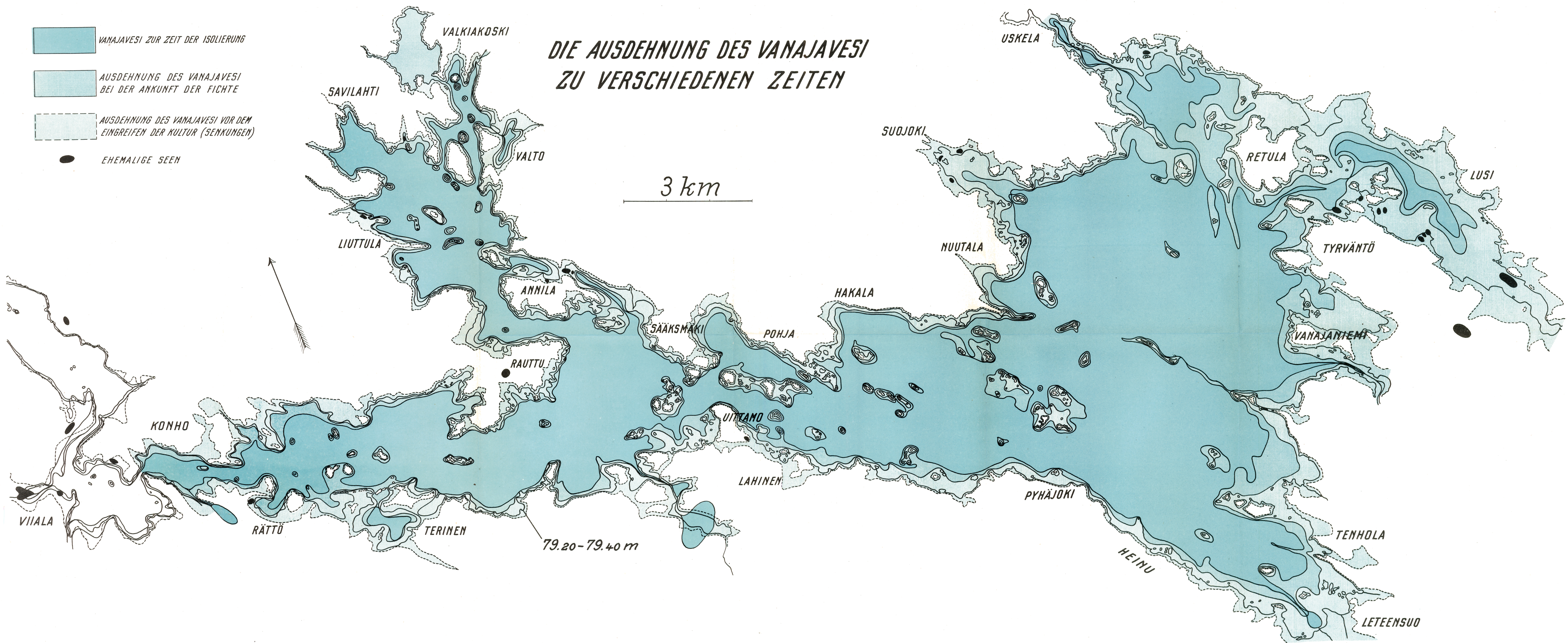
¹⁾ THORE C. E. FRIES, Op. cit.

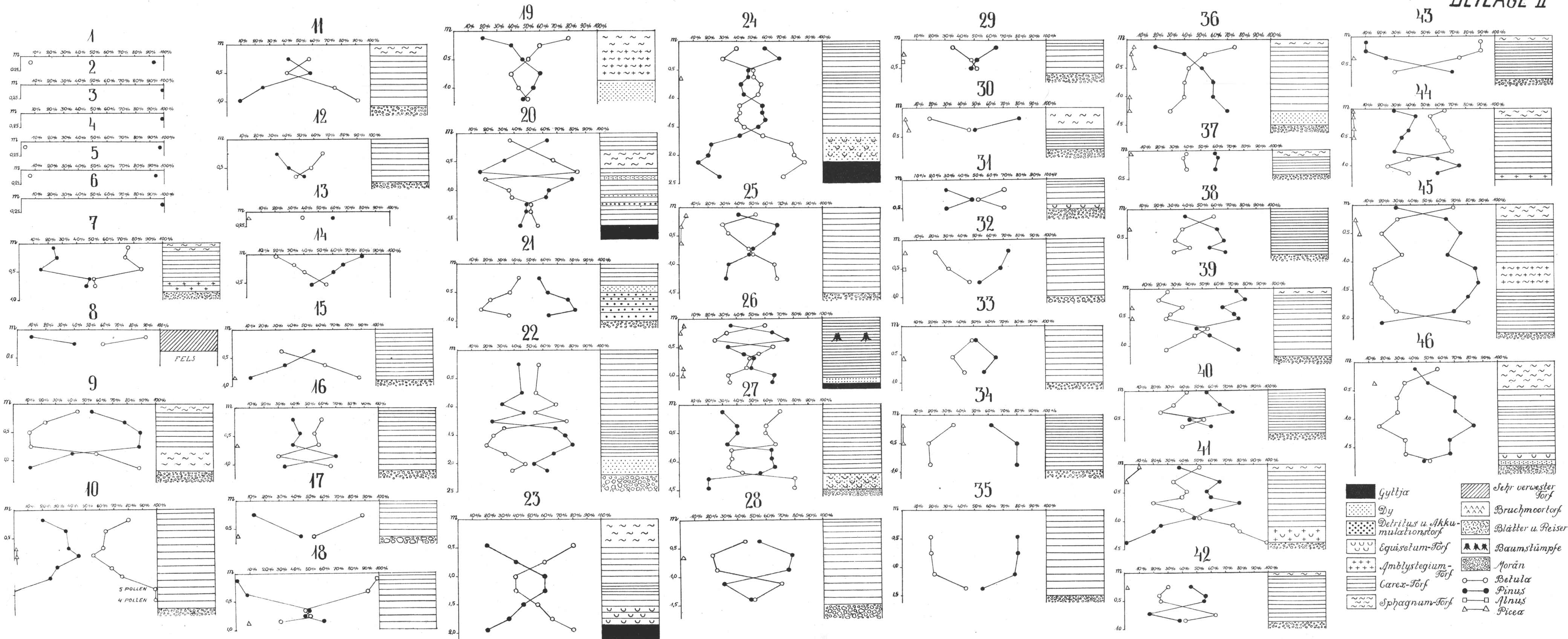
²⁾ VÄINÖ AUER, Enontekiön suurmättäistä (palsoista). Terra 2—3, 1924.

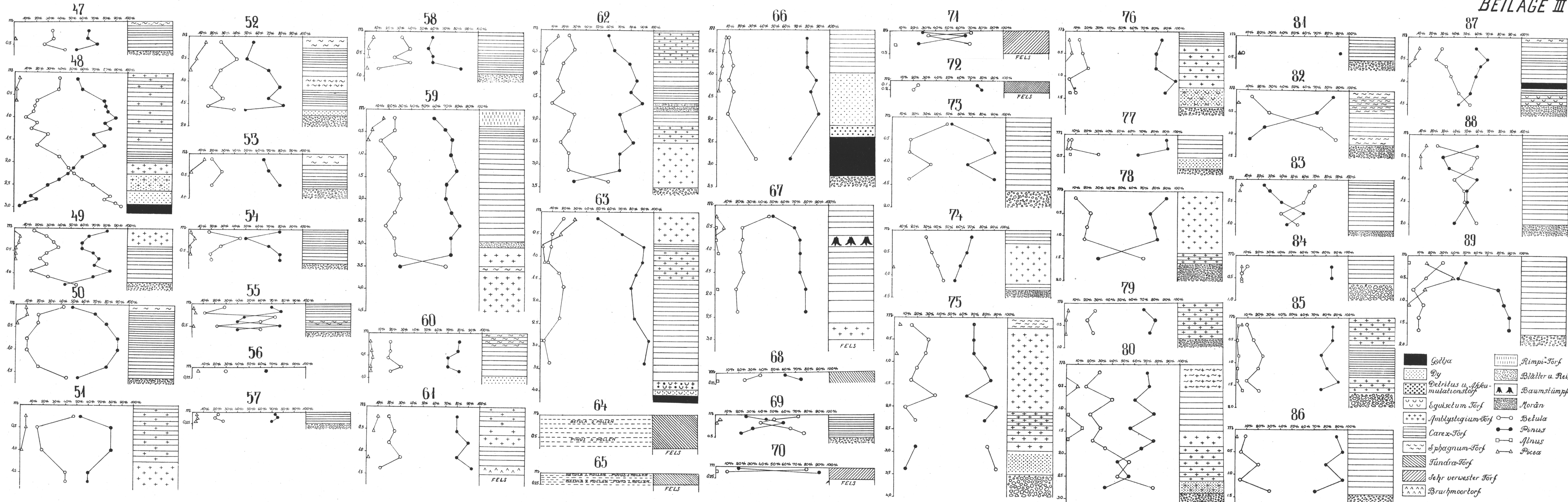
³⁾ A. K. CAJANDER. Op. cit.

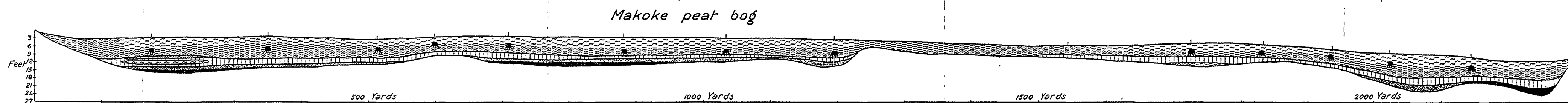
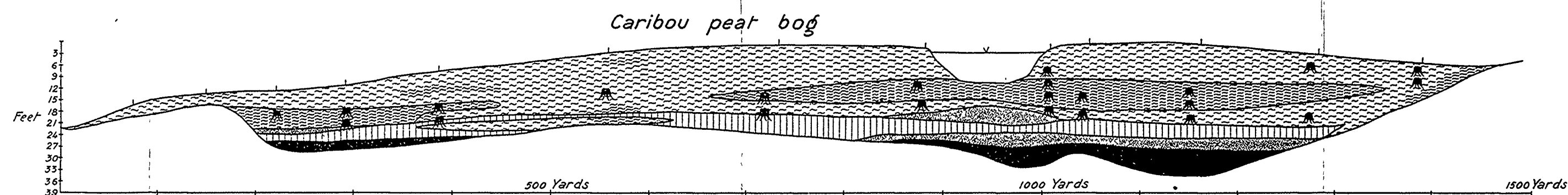
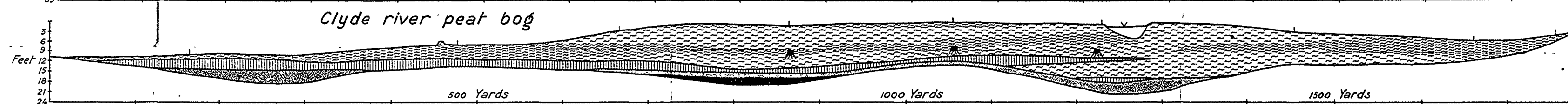
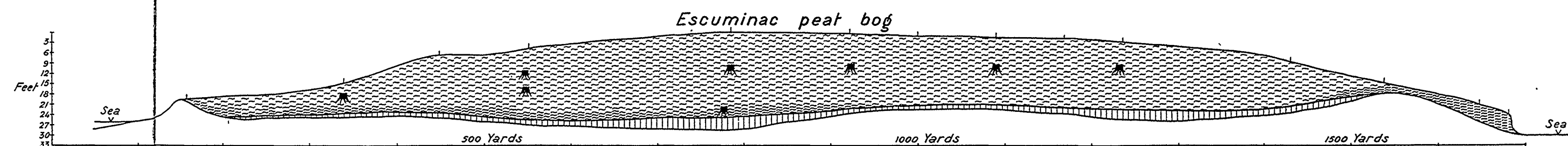
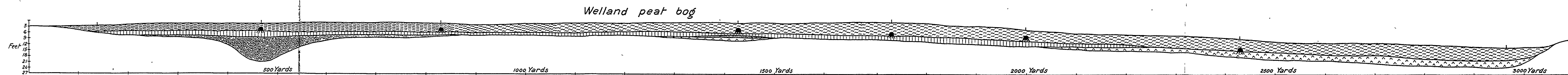
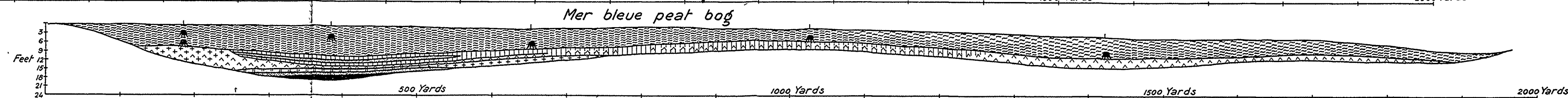
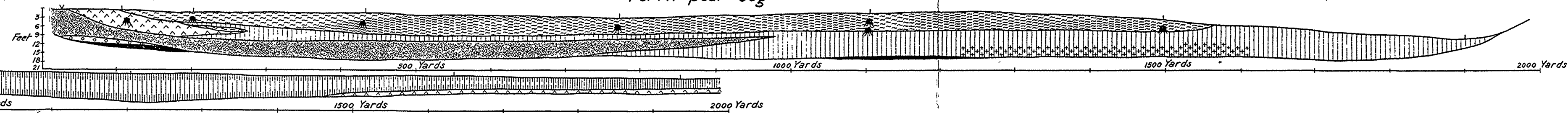
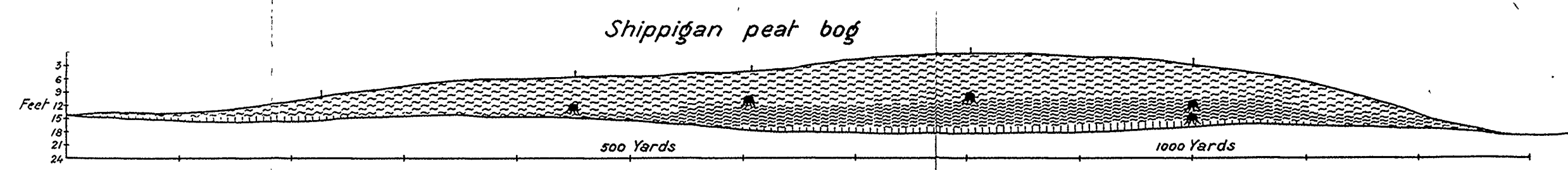
⁴⁾ A. OSW. KIHLMAN, Op. cit.











⁵⁾ JACOB FELLMAN, Anteckningar under min vistelse i Lappmarken. I, S. 228, im Druck erschienen Helsingfors 1906.



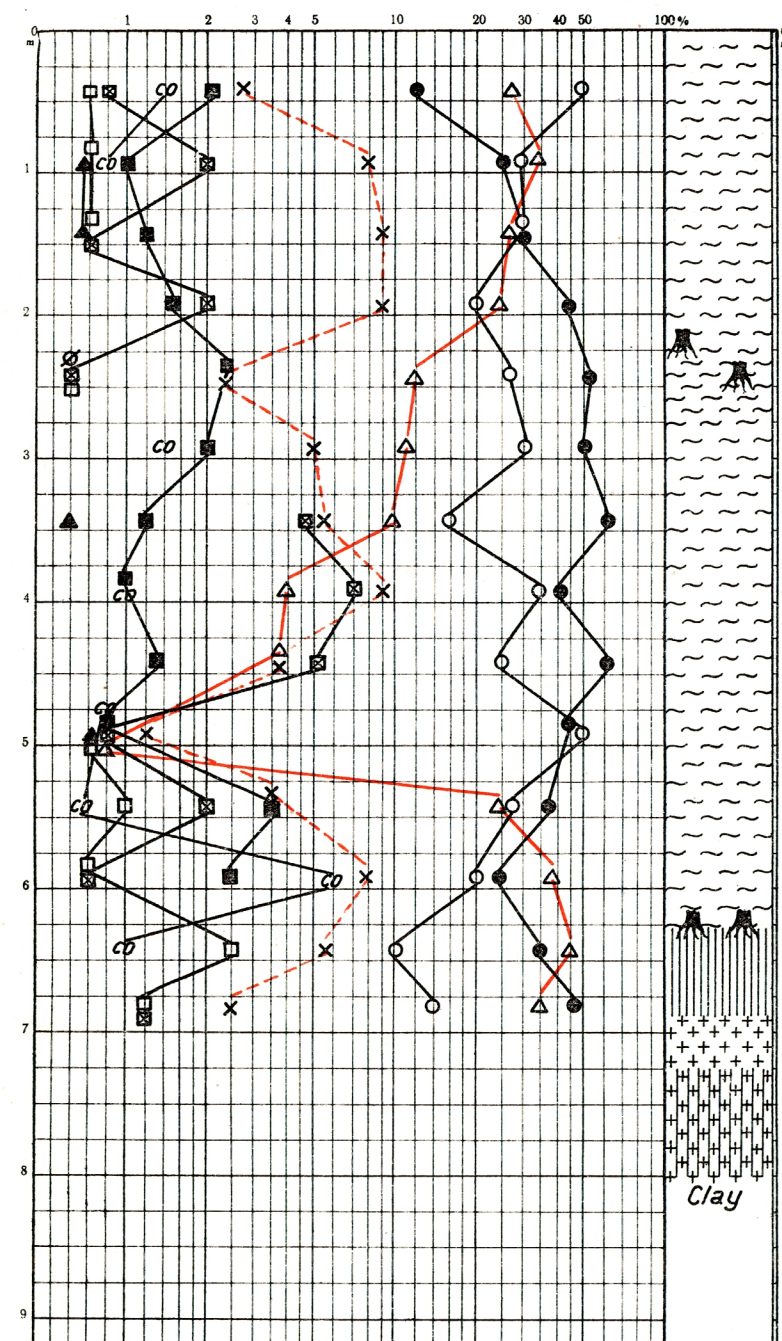




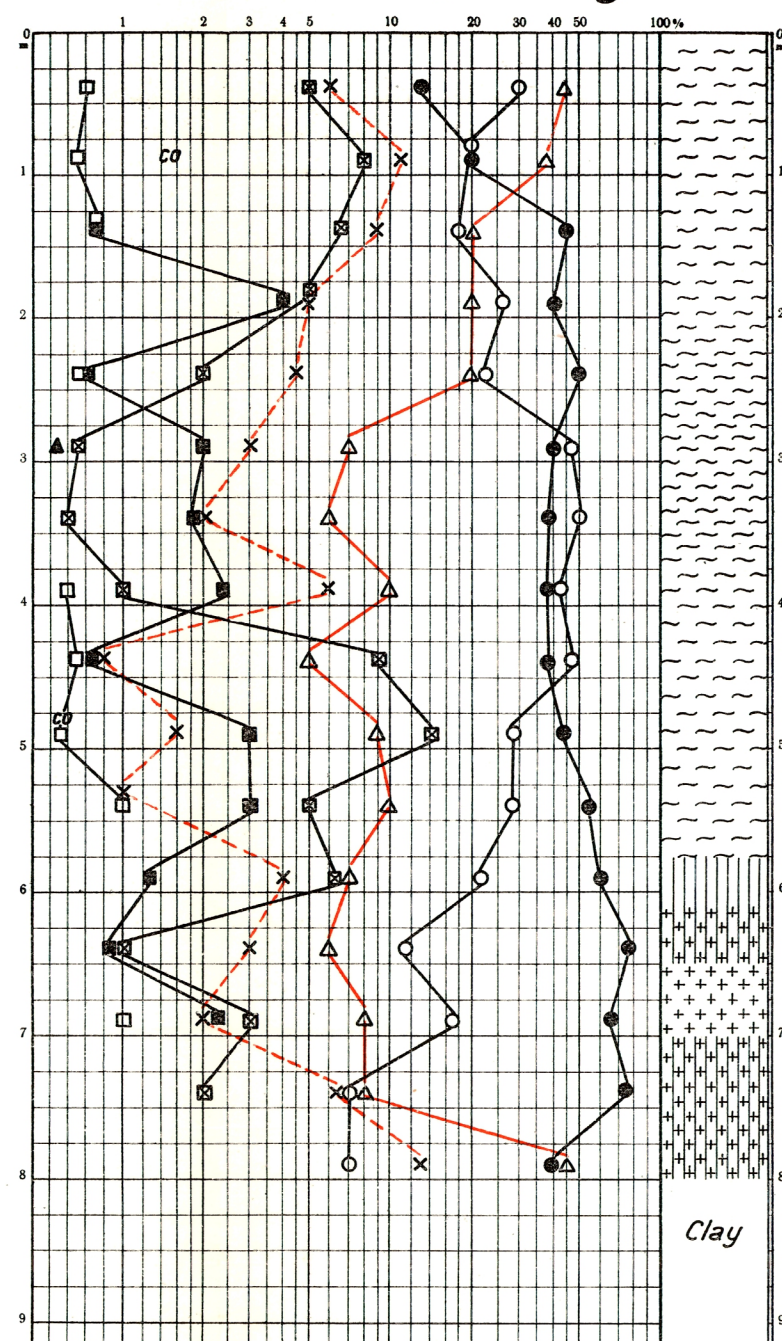


-
- | | |
|---|-----------------------------------|
|  | <i>Anorganic ooze</i> |
|  | <i>Plankton-and detritus ooze</i> |
|  | <i>Lime (Marl)</i> |
|  | <i>Greasy gelatine-like ooze</i> |
|  | <i>Carex-peat</i> |
|  | <i>Sphagnum-peat</i> |
|  | <i>Amblystegium-peat</i> |
|  | <i>Grass herb Forest-peat</i> |
-  *Stubs*
-  *Water-line*
- 1 Yard = 3 feet = 0,9 metre*

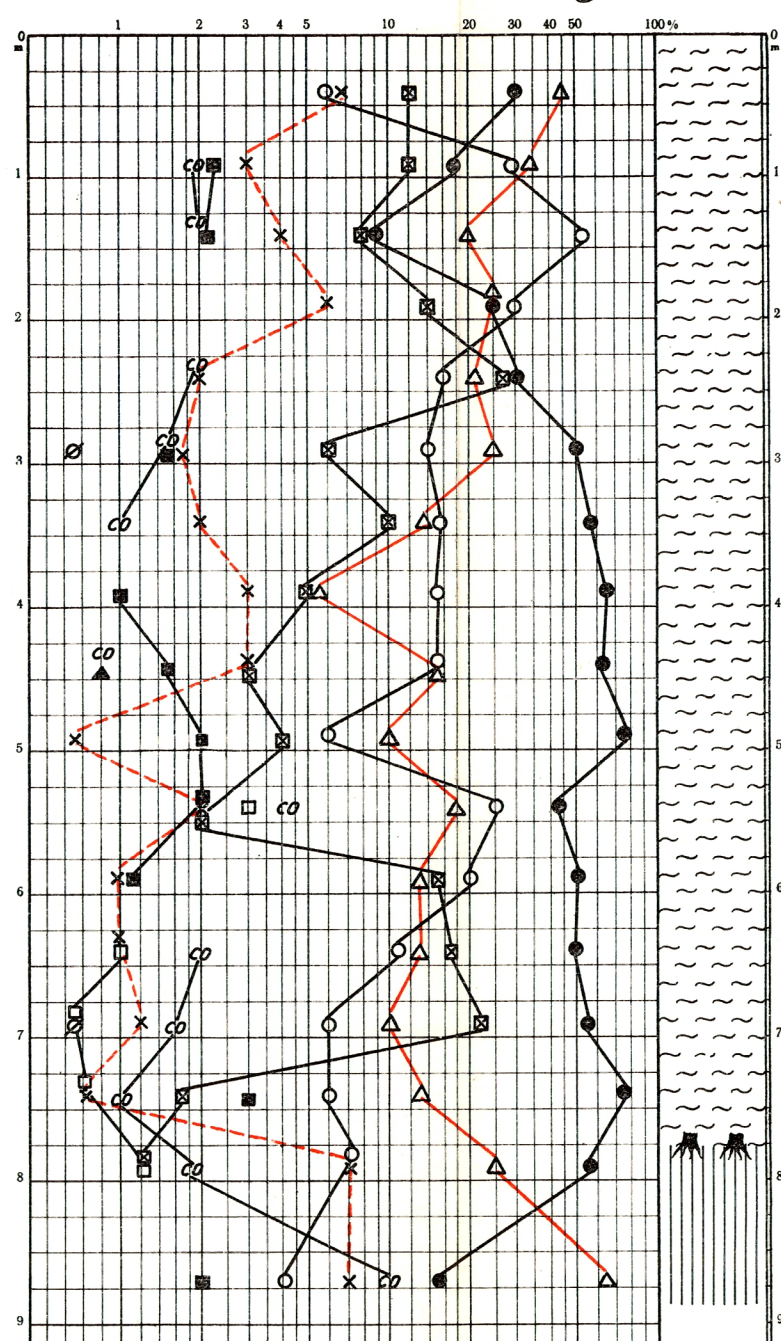
Riviere du Loup peat bog



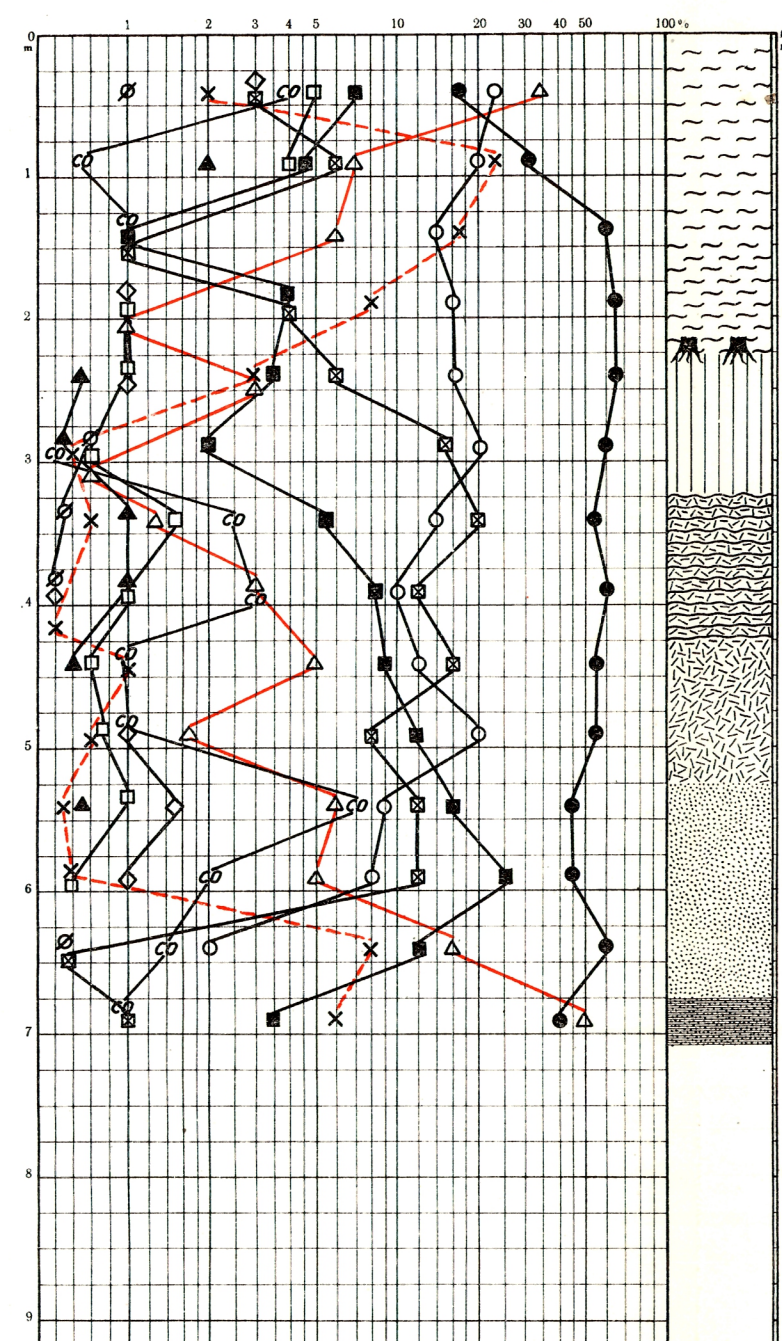
Riviere Ouelle peat bog



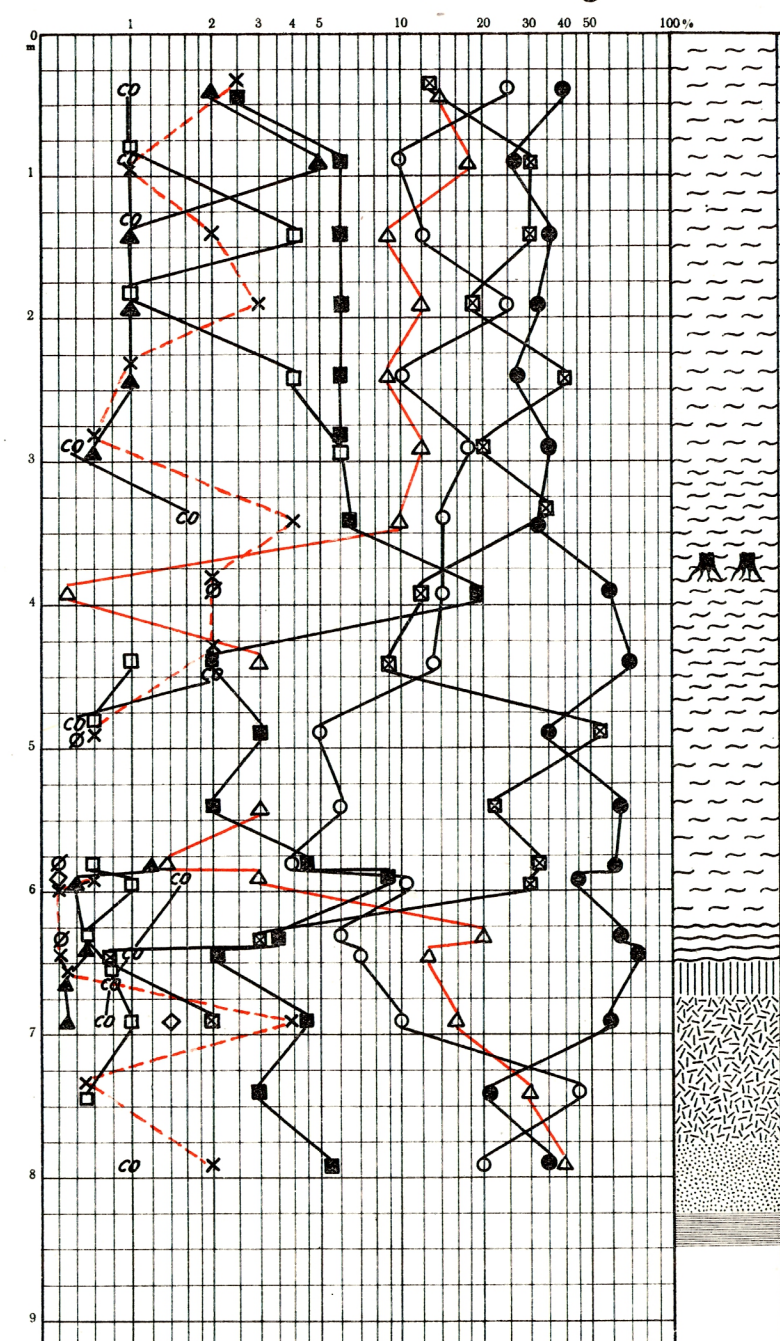
Escuminac peat bog



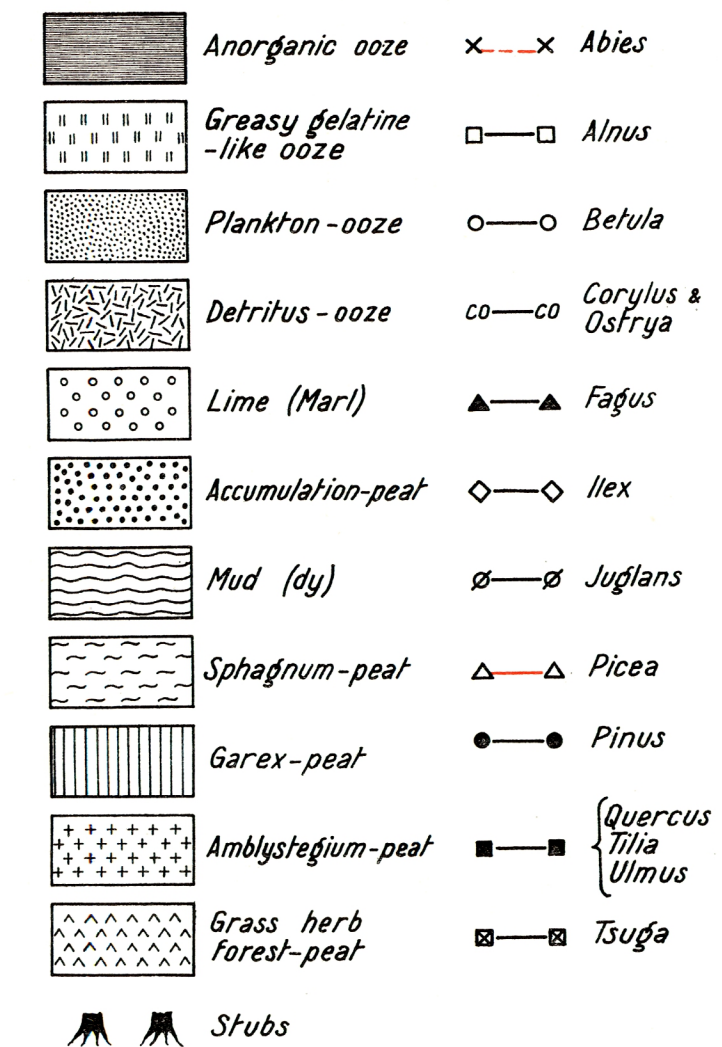
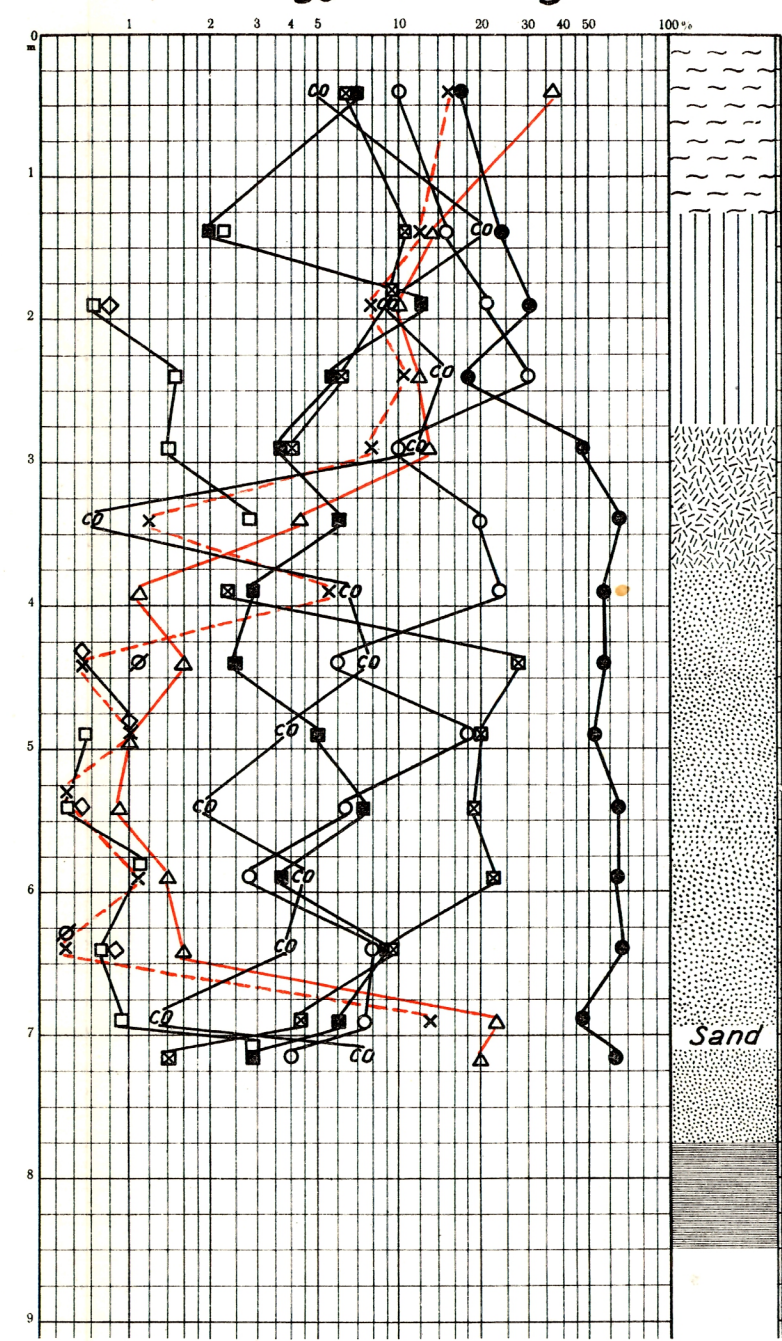
Tusket peat bog



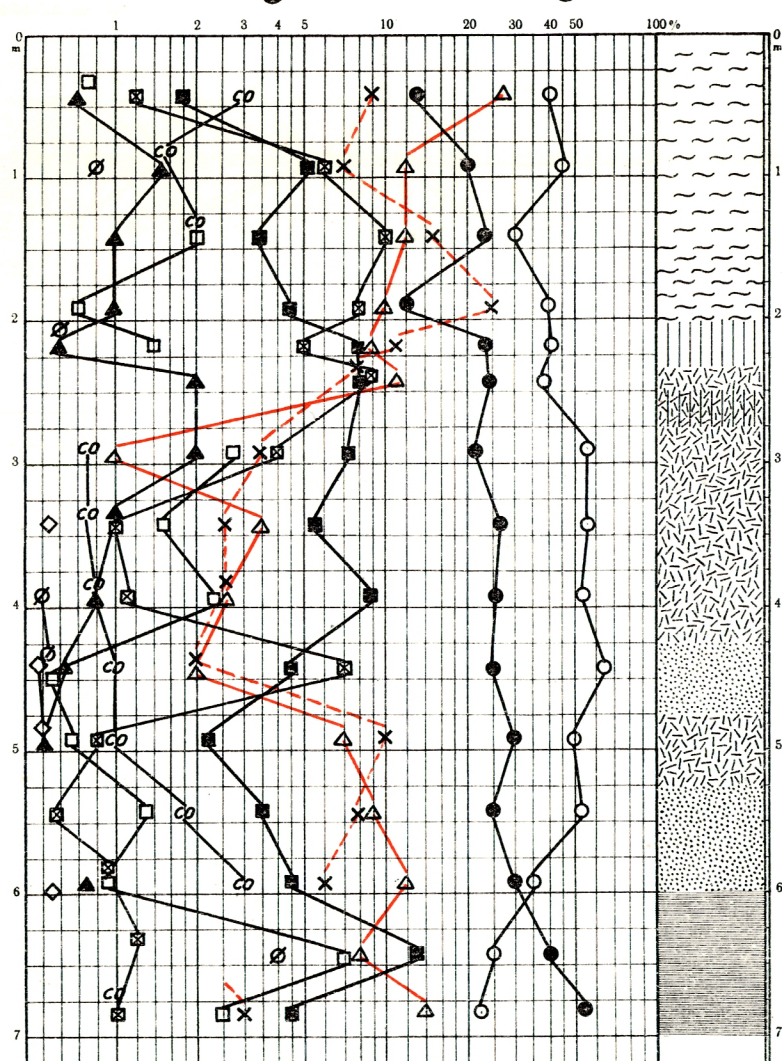
Caribou peat bog



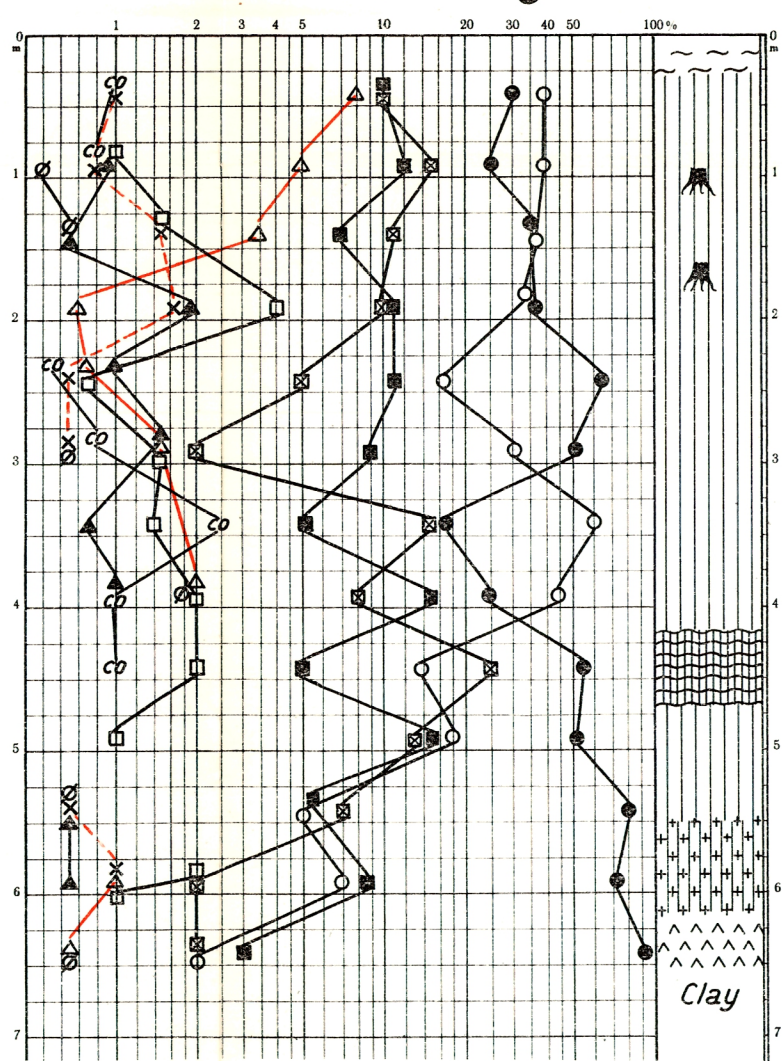
Argyle peat bog



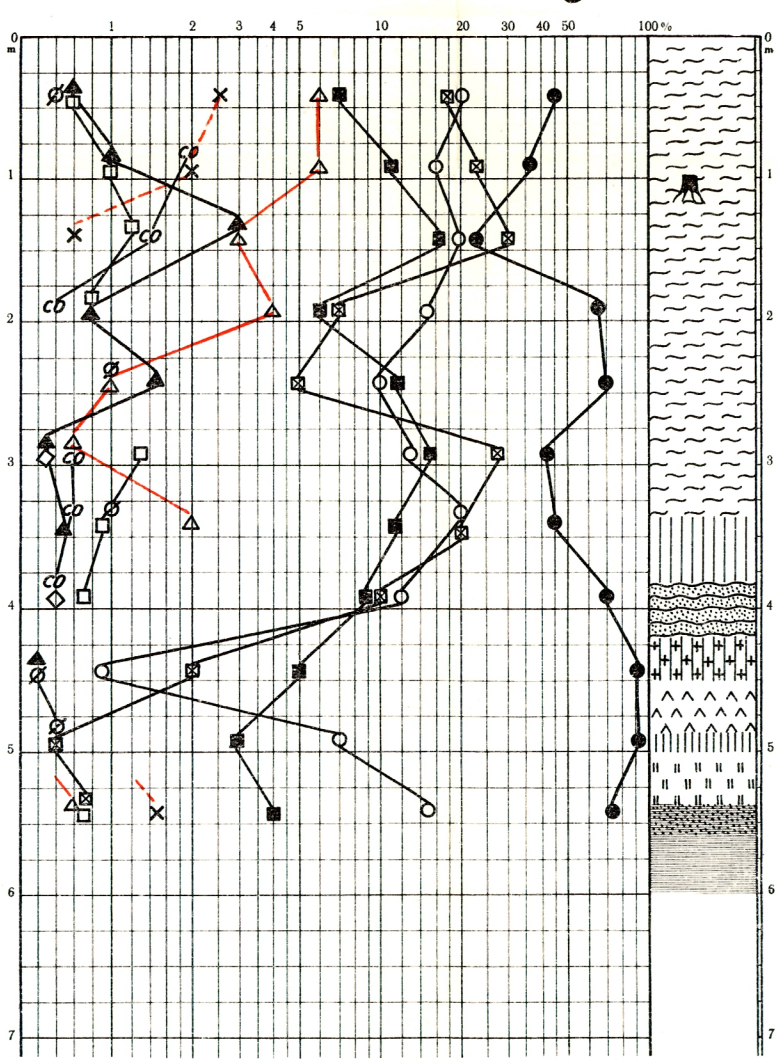
Sagamité peat bog



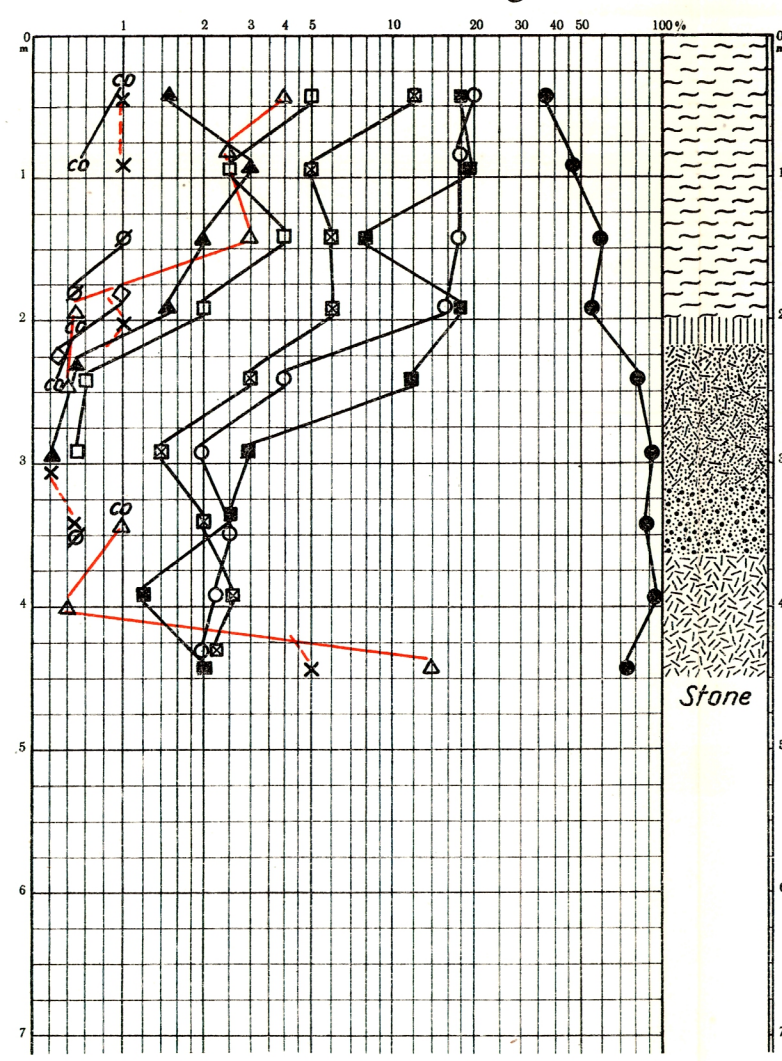
Alfred peat bog



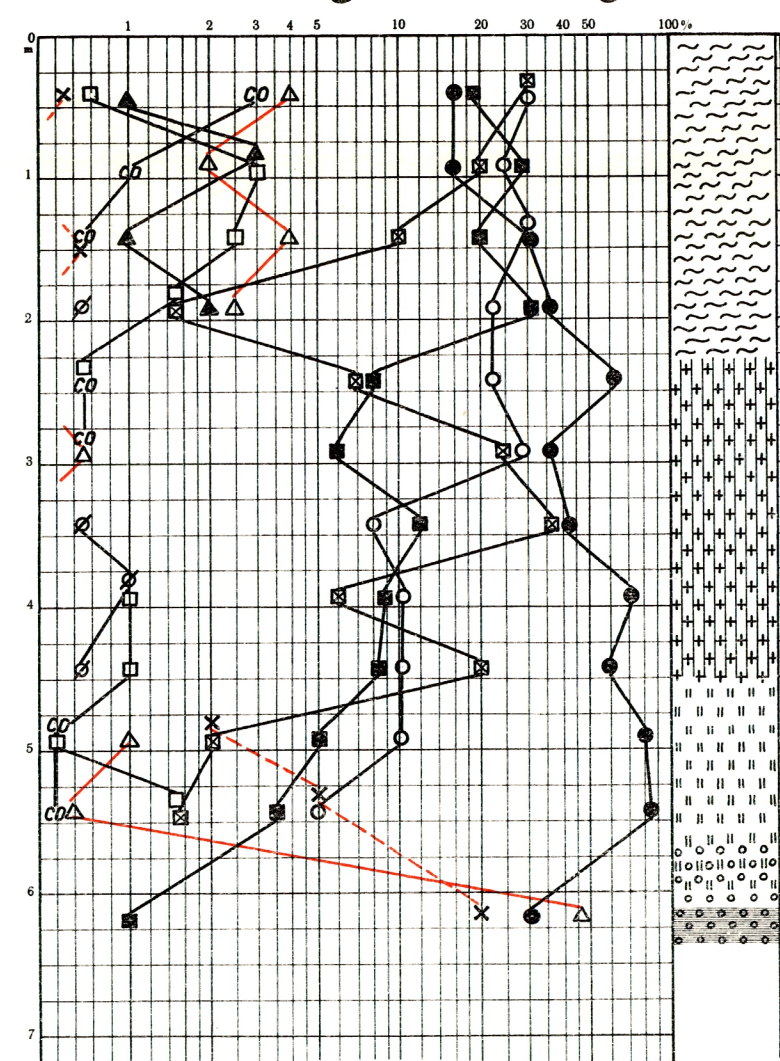
Mer Bleue peat bog



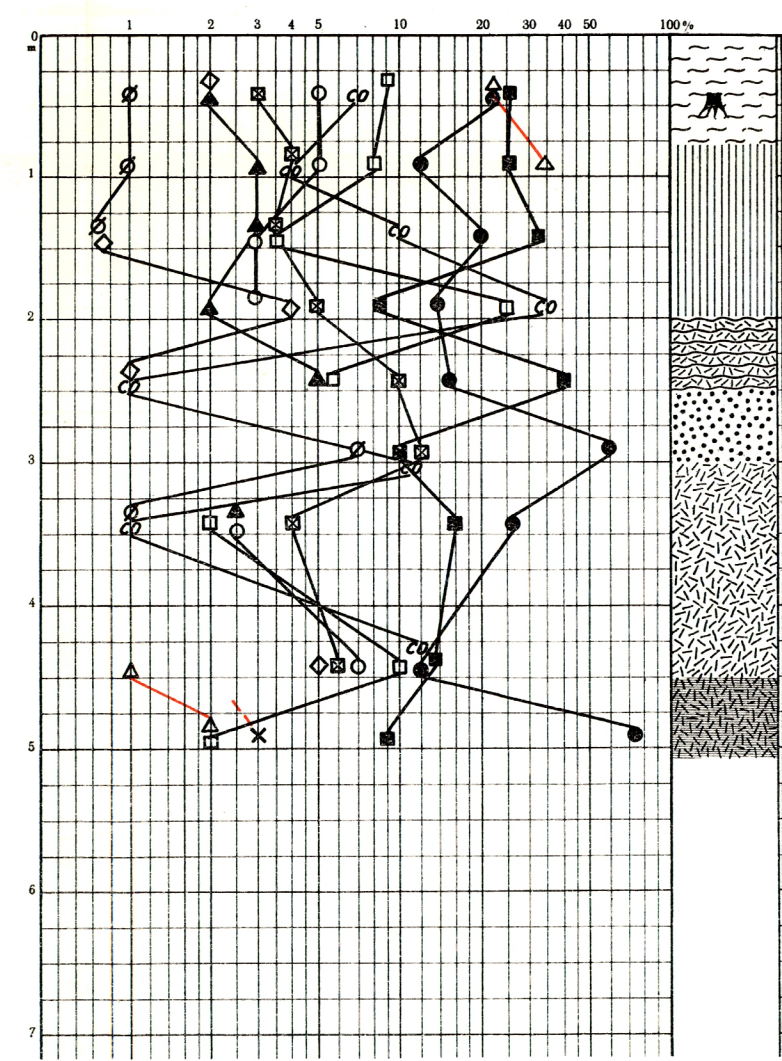
Perth peat bog



Newington peat bog



Welland peat bog



sprochen hatte.¹⁾ In KAIRAMOS berühmter Untersuchung der Halbinsel Kola werden sie mit Beachtung ihrer Struktur eingehend behandelt. Von anderen Forschern seien ROSBERG,²⁾ RAMSAY u. POPPIUS, TANFILJEFF, POHLE, GEIKIE, HELAAKOSKI,³⁾ HÄLLEN,⁴⁾ TH. FRIES,⁵⁾ HAMBERG⁶⁾ u. a. erwähnt.

Die Untersuchungen, die ich zur Klarstellung der für dieses landwirtschaftswissenschaftlich typische Gebiet charakteristischen Formationen ausgeführt habe, zeigen, dass die Verbreitung der Palsat ihre bestimmte Grenze hat. Die Palsat in ihrer typischsten und höchsten Form findet man zum Teil im schwedischen und im finnischen Lappland und vielleicht auch in Norwegen in dem fast runden Gebiet, dessen Mittelpunkt einen grossen Teil vom Kirchspiel Enontekiö umfasst. Vergleicht man dieses Erscheinungsgebiet mit den Isothermen, so zeigt es sich, dass die Palsat speziell dort auftreten, wo die niedrigsten Temperaturen herrschen und dass sie sich deutlich an die Isothermen halten. Ausserhalb dieses Gebiets liegt eine Zone, wo die Palsat niedriger sind und in Gruppen auftreten, und jenseits dieser Zone stehen sie in Verbindung mit den sich über Lapplands Moore hinziehenden, netzartig die Mooroberfläche zerteilenden Torfwällen, »Pounut«, gewissermassen eine Übergangsstufe zwischen Palsat und Strängen bildend.

Betrachten wir nun weiter die Morphologie der Mooroberfläche, so ergibt es sich, dass auf das letzterwähnte Gebiet der eigentliche Bereich der Pounut folgt, und auf diesen wiederum eine Zone von Pounut und Strängen, welche den Übergang vermittelt vom Pounut-Gebiet zu den für Nordfinnland so charakteristischen Strangmooren. Wie ich schon früher bemerkt habe, zeigen die Strangbildungen eine bestimmte geographische Verbreitung, die sich regelmässig den Isothermen anpasst.

Wir finden also, dass die Palsat wie die morphologischen Formen der Mooroberfläche überhaupt

¹⁾ J. P. NORRLIN, Berättelse i anledning af en till Torneå Lappmark verkställd naturalhistorisk resa. Notiser ur sällskapets pro fauna et flora fennica förhandlingar, XIII, 1873, S. 256—257.

²⁾ J. E. ROSBERG, Lappi. Suomen maakunnat 5. 1911, S. 38.

³⁾ Vgl. A. K. CAJANDER, Op. cit., S. 61—65.

⁴⁾ K. HÄLLEN, Undersökning af en frostknöl (pals) å Kaitajänki myr i Karesuando socken. Geol. för. förh. Bd. 35, 1913.

⁵⁾ THORE C. E. FRIES, Op. cit.

⁶⁾ AXEL HAMBERG, Zur Kenntnis der Vorgänge im Erdboden beim Gefrieren und Auftauen sowie Bemerkungen über die erste Kristallisation des Eises in Wasser. Geol. för. förh. 1915. S. 616—619.

ihre regelmässigen Verbreitungsgebiete besitzen, welche die grosse Bedeutung der klimatischen Faktoren mit voller Evidenz darlegen.

Es ist recht schwer, die Struktur der Palsat näher zu erforschen, da sie das ganze Jahr hindurch stark gefroren sind. Daher kommt es, dass viele Auffassungen sich oft nur auf Hypothesen stützen.

Die Palsat haben in der Regel einen hauptsächlich aus *Carex*-torf bestehenden Kern, den *Sphagnum*-torf von verschiedener Dicke umhüllt. Es gibt Fälle, wo die Palsat bis nach oben hin ausschliesslich aus *Carex*-torf bestehen, und andererseits findet man ganz niedrige und junge Palsat, die fast bis zum Grunde aus *Sphagnum* gebildet sind. Aber in den meisten Fällen ist die Torfzusammensetzung recht bunt, indem die Schichten bald aus *Amblystegium*, bald aus *Sphagnum* und *Carex* in dünnen Wechsellagern bestehen. Weiter hängt der Bau der Palsat in hohem Grade davon ab, an welcher Stelle im Verhältnis zum Moor und zur Heide sie liegen. Es hat sich nämlich gezeigt, dass ihre Struktur am Rande eines Moores und insbesondere in der Nähe fliessender Gewässer bunt ist, mehr in der Mitte des Moores aber einfacher. Da andererseits die Form und Struktur der Palsat in einem bestimmten Abhängigkeitsverhältnis zueinander stehen, so ist es begreiflich, warum gewisse Formen ihren regelmässigen Bau aufweisen und warum also auch die Strukturtypen wenigstens im grossen ganzen ihr eigenes Verbreitungsgebiet besitzen, in groben Zügen den obenerwähnten Regeln in der Klassifizierung der Formen und deren Verbreitung folgend.

Aus den Untersuchungen geht ferner hervor, dass auch die grossen Palsat von sehr komplizierter Struktur sein können; dasselbe gilt für solche Palsat, die durch die Erosion zerrissen oder sonstwie im Verschwinden begriffen sind, wogegen die kleinen und allem Anschein nach noch wachsenden Palsat häufig einen sehr klaren und gleichmässigen Bau aufweisen.

Es ist uns nicht gelungen, vollständige Profile von grossen Palsat zu untersuchen, aber an den kleinen hat man gefunden, dass das Grundeis in vielen Fällen vollkommen gleichmässig ist. Der innere Eiskern der Palsat hat nämlich die Form einer Kalotte, deren Oberfläche im Sommer etwa 20—40 cm tiefer als die Oberfläche der Palsa liegt. Da es keine absolut ebene Mooroberfläche gibt, sondern das Wasser langsam am Boden hinfliesst, so schmilzt das Bodeneis in der Weise, dass in Fällen, wo die Strömung stärker ist, das Eis nach oben hin eine konvexe Form erhält. Dabei geht es meistens noch so, dass das warm gewordene Oberflächenwasser des Moores das Bodeneis an der

Stelle, wo das Wasser die Palsa trifft, stärker auflöst. Es sei noch erwähnt, dass ungefähr ein ähnliches Schmelzen, bloss in viel geringerem Massstabe, in den Bülten und sogar in den Strängen stattfindet.

Die quantitative Pollenmethode, in deren Licht die vorliegende Frage hauptsächlich studiert wurde, hat in gewissen Fällen Resultate geliefert, die deshalb umso mehr Beachtung verdienen, weil die Genese der Palsat nicht früher nach diesem Verfahren untersucht worden ist.

Wie wir oben gesehen haben, zeigen in denjenigen Profilen lappländischer Moore, deren Schichten sich in Ruhe ablagern konnten, die Pollenmengen der verschiedenen Holzarten ein solches regelmässiges Verhältnis, dass am Grunde die Prozentzahl der Birke grösser ist, 80—90 % ausmacht, und die der Kiefer dementsprechend also 10—20 %. Danach sinkt das Birkenprozent und die Kiefer wird vorherrschend, bis an der Oberfläche die Birke wieder den Vorrang gewinnt, wobei ihr Pollenprozent manchmal dieselbe Höhe erreicht wie in den ältesten Schichten.

In einigen Fällen haben die an den Palsat bewerkstelligten Pollenuntersuchungen gezeigt, dass in den oberflächlichen Teilen ganz an der Spitze die Prozentziffer der Kiefer ausserordentlich hoch ist, den Höchstwerten der Kiefer in der Profilvereihe des Moores entsprechend. In einem benachbarten Moor ist das Verhältnis ein ganz normales, d. h. das Pollenprozent der Birke ist höher, genau so, wie auf niederem Boden in der Alpenregion. Wie ebenfalls schon gesagt worden ist, steigt die Kiefernpollenmenge mit der Bodenhöhe; wenn es sich aber um so niedrige Formationen handelt wie die Palsat, kann dieses Gesetz keine Anwendung finden, sondern es müssen die an der Palsaspitze angetroffenen hohen Kiefernpollenmengen eine andere Ursache haben. Bevor wir diese Frage weiter erörtern, ist es angebracht hervorzuheben, dass es auch Fälle gibt, wo die Birkenpollenmenge an der Oberfläche der Palsat äusserst gross ist. Wie die Untersuchungen am Scheitel des Virdni-Fjelds dargelegt haben, ist in den Palsat der Hochplateaus das Kiefernpollenprozent wahrscheinlich deshalb hoch, weil es überall in der Höhe hoch ist.

Wenn wir nun nach der Ursache forschen, warum Kiefernpollen an der Spitze der Palsat in so grossen Mengen vorkommen, so gelangen wir zu dem Schluss, dass der fragliche Oberflächentorf nicht mit demjenigen der Moore des betreffenden Gebiets synchron ist, sondern dass er sein Seitenstück in den tieferen Torfschichten findet. Es ist also in solchen Fällen der Torf an der Oberfläche der Palsat älteren Datums als der Oberflächen-

torf des Moores, und folglich muss, da es sich hier um eine hohe, hügelähnliche Formation handelt, der Torf von unten aufgestiegen sein. Die Fälle, wo die Birkenpollenmenge an der Palsaoberfläche hoch ist, braucht nicht mit jener Tatsache im Widerspruch zu stehen, denn es kann sich hier um noch ältere heraufgepresste Torfschichten mit hohem Birkenpollengehalt handeln. Im letzteren Falle ist es natürlich schwer, den Synchronismus nachzuweisen. Dass der Torf allmählich aus dem umgebenden Moor in die Palsat hineingepresst wird, hat man schon früher vermutet, und dass dies wirklich der Fall ist, ergibt sich schon daraus, dass die Palsat, wie HÄLLENS Untersuchungen dargelegt haben, Jahr für Jahr ebenso hoch verbleiben und nur einen ganz geringen Unterschied zwischen Winter und Sommer erkennen lassen, trotzdem ihre Spitze zerreisst und jährlich grosse Torfmengen abgetragen werden. Damit also eine Palsa von Jahr zu Jahr die gleiche Höhe behalten könne, muss ihr Kern mit neuem Material gespeist werden, denn an der Oberfläche findet keine Torfbildung statt, vor allem nicht in den Fällen, wo infolge der Erosion durch Wind und Wasser Torf abgetragen wird. Unsere Behauptung wird noch dadurch gestützt, dass die Mooroberfläche um die Palsat herum gewöhnlich ganz wässrig ist, ja fast einen Tümpel bildet.

Die Palsa ist also eine kraterähnliche Formation, durch welche hindurch im Laufe der Zeit Moortorf zur Oberfläche heraufgepresst wird. Nimmt man dazu in Betracht, dass das Eis in ihrem Innern nicht klar, sondern eine gefrorene braune Torfmasse ist, so versteht man, dass die Heraufbeförderung des Torfs einen ganz langsamen Vorgang bildet. Doch ist zu beachten, dass das gesagte nur für solche Palsat zutrifft, die in Tätigkeit sind, d. h. entweder wachsen oder ihren Umfang deutlich behalten.

Stellenweise, wo die Palsat sich zu grösseren Gruppen angehäuft haben und wo es unter ihnen solche gibt, deren gleichmässig runde kuppelförmige Spitze eingesunken ist, lässt sich ein stufenweises Verschwinden der Palsat konstatieren, welches ich Degeneration nennen möchte. Die Degenerationserscheinung kann durch mehrere verschiedene Faktoren hervorgerufen werden, unter welchen folgender der gewöhnlichste sein dürfte:

Hat eine Palsa eine solche Höhe erreicht, dass ein weiterer Zuwachs aus klimatischen Gründen nicht mehr möglich ist, so beginnt ihre Oberfläche zu trocknen und das Eis in ihrem Innern zieht sich tiefer als gewöhnlich zurück. Danach können Zwergbirken und Halbsträucher auf ihr Fuss fassen und sich ausbreiten, und zum Schluss bilden sich hier dichte Bestände. Es sammelt sich Regenwasser an

und allerlei Abfall verhindert das Wasser abzufließen. So entstehen kleine Vertiefungen, unter denen das Grundeis immer mehr und mehr schmilzt, und an diesen Stellen sinkt die ganze Palsa zusammen. Die Entwicklung kann so lange fort dauern, bis die Palsa dem Boden gleich geworden ist. Derartige verschwindende Palsat findet man vor allem ausserhalb des eigentlichen Palsagebiets. Da nun kein Torf mehr in die Palsa hineinbefördert wird und somit weder ein Höhenzuwachs stattfinden noch die alte Höhe erhalten bleiben kann, so ist es klar, warum in solchen Fällen die Pollenmenge nicht von den Verhältnissen in der Umgebung abweicht.

Gleichwie das Vorkommen von Blütenstaub in gewissen Fällen das relative Alter der Palsat darlegen kann, so bilden, wie wir oben gesehen haben, die verschiedenen morphographischen Formen der Palsat verschiedene Stufen einer Entwicklungsreihe.

Da die früher ausgesprochene Vermutung, dass Torf in die Palsa hineingepresst werde, hiermit bewiesen ist, so lässt sich im Lichte dieser Erkenntnis die Entstehung der Palsa kurz folgendermassen schildern:

Die Höhe der Palsat und ihre Bildungsintensität stehen in enger Beziehung zum Klima insofern, als die Intensität in den kältesten Gebieten Lapplands am grössten ist und weiter von dort abnimmt. Deshalb liegt die Vermutung am nächsten, dass die Stärke der Gefrierungserscheinungen zusammen mit der Dicke des Torfs die Entstehung einer Palsa bestimme, wie auch FRIES hervorgehoben hat. Im Winter ausgeführte Untersuchungen haben dargelegt, dass blossliegende oder mit einer dünneren Schneedecke überzogene Teile eines Moores bis zu grösserer Tiefe gefrieren als das übrige Moor, wobei das Eis sich stärker nach der dünneren Stelle hin vorschiebt. Ein solches ungleichmässiges Gefrieren kann z. B. eine *Sphagnum*-Bülte verursachen, weil sie bekanntlich ein schlechter Wärmeleiter ist. Im Frühling tritt der umgekehrte Fall ein. Dann schmilzt das Bodeneis schneller dort, wo es am dünnsten ist, insbesondere in der wässrigen *Carex*torfunterlage, und unter dem *Sphagnum*-Flecken bleibt ein Eiskern zurück, der allmählich und langsam schmilzt. Dann können die Moose sich weiter ausbreiten und höher wachsen, und im folgenden Vorwinter wird die Eisbildung immer stärker. In dieser Weise schreitet die Entwicklung im Laufe der Jahre weiter fort, bis ein Torfhügel, eine Palsa, entstanden ist, deren Höhe den von Frost und Mooroberfläche gebotenen Voraussetzungen entspricht. In diesem Zusammenhang besteht die durch die Regelation bewirkte Entwicklung, wie ich sie für die Stränge festgestellt habe, auch in betreff der Palsat in Kraft. Aber gleichwie die Entstehung der Stränge

der Wirkung wechselnder Faktoren unterworfen ist, gibt es auch genetisch verschiedene Palsat.

Gleichzeitig wie die morphographischen Formen verschiedene Stufen einer Entwicklungsreihe bilden, umfasst auch dieselbe morphographische Gruppe genetisch verschiedene

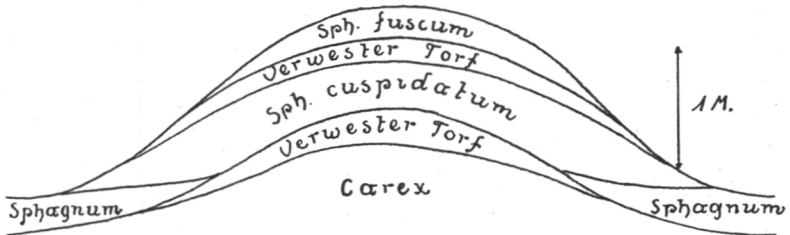


Fig. 11.

Palsa-Formen, und andererseits gehören die morphographischen Formen der Palsat genetisch verschiedenen Gruppen an. Die letztere Behauptung lässt sich erklären, wenn man z. B. die eigentlichen Palsat mit den verschiedenen Kombinationen von Palsat und Pounut vergleicht; denn der Umstand, dass sie in Verbindung mit langen, strangartigen

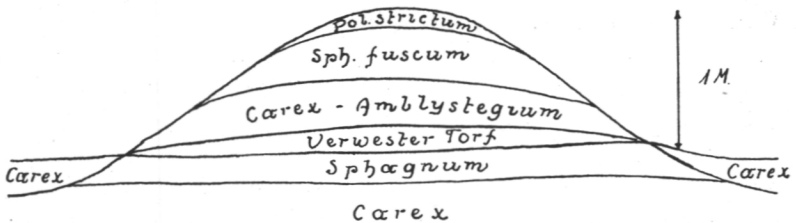


Fig. 12.

Wällen vorkommen, weist darauf hin, dass man ausser den die vorerwähnten Palsat hervorruhenden Faktoren noch andere Faktoren berücksichtigen muss, vor allem diejenigen, welche zur Entstehung der Pounut führen.

Da es nicht möglich war, den Bau der Palsat genauer zu untersuchen, wurden Profile entnommen aus den ausserhalb des Palsa-Gebiets befindlichen Pounut, die bekanntlich unregelmässig verlaufende, meist etwa 1 m hohe Torfwälle ausmachen. Da diese in vielen Fällen eine Kombination von Palsat und Pounut darstellen und sehr

oft Palsa-artige Formationen aufweisen, schliessen sie sich genetisch eng den Palsat an.

In diesen Profilen, die sowohl aus Nord- wie Mittel-Lapland stammen, kommt eine besondere Regelmässigkeit zum Vorschein. Schon in der Untersuchung, welche ich über die Entstehung der Stränge veröffentlicht habe, findet sich ein Profil (S. 50), welches darlegt, dass in der Entstehung der Pounut gewissermassen zwei verschiedene Phasen konstatiert werden können. In Fig. 11 sieht man, wie auf einem erhöhten *Carex*-torf eine vertrocknete und verwitterte Torfart liegt, ein Umstand, welcher voraussetzt, dass die Oberfläche des Torfwalls trocken gewesen ist. Über jenem verwitterten Torf befindet sich eine rohe *Sphagnum*-schicht, über dieser ein unter trockeneren Verhältnissen gebildeter Reisertorf und zu allerobst *Sphagnum fuscum*. Diese äusserste Schicht zeugt von einer neuen, erweiterten Phase in der Entwicklung des Torfwalls. Derartige Profile findet man in Lapland reichlich, obschon ihre Torfzusammensetzung an den Moorändern sehr bunt ist, wie man aus Fig. 12 entnehmen kann.

Allem Anschein nach hat in Lapland während der späten Postglazialzeit eine allgemeine Vertorfung der Moore stattgefunden und dort, wo die Gefrierungserscheinungen stark genug gewesen sind, zur Entstehung der Palsat und Pounut geführt. Etwas südlicher wieder haben sich aus denselben Gründen auf solchen Mooren, deren Boden auch nur ganz wenig abschüssig ist, Stränge gebildet.

Soviel man aus der Stratigraphie der Moore schliessen kann, lässt sich der erste Beginn sowohl der Torfhügel wie der Torfwälle auf die Zeit der beginnenden allgemeinen Verschlechterung des Klimas zurückführen, da man diese beiden Formationen auf dem älteren Verwachsungstypus ruhig abgelagert findet.

VII. Paläogeographische Übersicht.

Nachdem nun die Erörterung der obigen Nordlapland betreffenden eigenartigen Fragen zu den Ergebnissen geführt hat, die wir hier kurz auseinandergesetzt haben, fragt es sich, ob irgendein Zusammenhang zwischen ihnen besteht, d. h., ob sie sich mit allen ihren verschiedenen Erscheinungen und Entwicklungsreihen zu einer Gesamtheit vereinigen lassen.

Die chronologische Grundlage ist in Lappland einstweilen noch insofern unsicher, als in lappländischem Gebiet bisher keine Untersuchungen ausgeführt worden sind, welche die Zeitdauer, während der der Boden vom Eise entblösst gewesen ist, exakt bestimmen würden. Wie TANNERS ¹⁾ Untersuchungen darlegen, hatte ungefähr zur Finiglazialzeit das Inlandeis noch eine so grosse Ausdehnung, dass seine Ausläufer sich bis zum innersten Teil der Fjorde erstreckten. Während der folgenden Periode zog sich das Inlandeis rasch zurück, so dass sich »totes« Eis auf den Fjelds des ganzen Gebietes bildete. Vor ungefähr 6 000—7 000 Jahren war indessen das Land schon eisfrei, so dass eine Vegetation sich ausbreiten konnte. Auf Grund dessen, was wir oben gefunden haben, kann jene Zeit in drei Abschnitte eingeteilt werden: in die Periode nach dem Schmelzen des Inlandeises, die Periode, wo die Kiefer herrschend war, und die Periode der Fichtenankunft und der Verschlechterung des Klimas.

Die Periode nach dem Schmelzen des Inlandeises.

Wie bekannt hat man bisher nicht in Finnland die auf das Zurückweichen des Inlandeises folgenden Phasen feststellen können, abgesehen von den Überresten einer polaren Flora, die LINDBERG auf der Karelischen Landenge entdeckte und die gewissermassen darauf hindeuten, dass beim Verschwinden des Inlandeises eine Tundrenflora herrschend gewesen wäre. Viele wichtige Untersuchungen namentlich in Nordschweden haben dargelegt, dass Kiefer und Birke gleichzeitig an ihren jetzigen nördlichen Standorten angekommen sind; eine eigentliche Birkenperiode hat ebenso wenig dort wie in Finnland nachgewiesen werden können.

Wenn man in Betracht zieht, dass das Inlandeis sich sehr rasch zurückzog, so ist es klar, dass das Klima damals sehr günstig für die Verbreitung der Vegetation gewesen sein muss. Da die in der vorliegenden Untersuchung erwähnten Resultate zeigen, dass sich in Nordlappland sowohl eine alpine als subalpine Periode unterscheiden lässt, so ist man berechtigt anzunehmen — selbst wenn im übrigen Finnland keine derartige Phasen vorgekommen wären —, das Vordringen der Holzpflanzen in Lappland sei in der Weise erfolgt, dass der nördliche Charakter des Klimas, je weiter sie zusammen nach Norden kamen, sich immer bemerkbarer machte und auf ihre Verbreitungsgeschwindigkeit einwirkte. Da vermochte die Birke, die bekanntlich eine klima-

¹⁾ V. TANNER, Studier öfver kvartärsystemet i Fennoskandias nordliga delar. II. Bulletin de la Commission géologique de Finlande, N:o 21, 1907.

tisch kräftigere Art ist, sich dort schneller zu verbreiten und vor der Ankunft der Kiefer eine subalpine Phase zustandezubringen. Der Umstand, dass vorher jedoch eine kurze alpine Phase bestanden hat, zeugt m. E. von einer örtlichen Strenge des Klimas in der Nähe des verschwundenen Eises. Diese alpine Phase war natürlich besonders deutlich auf den Fjelds, lässt sich aber auch in den Tälern, wie z. B. am Flusse Ropmaeno, erkennen. Somit zeugt die im Beginn der Postglazialzeit herrschende alpine und subalpine Phase nur davon, dass das Klima örtlich rauh gewesen ist, was wieder andererseits zum Teil von der ungleichen Verbreitungsgeschwindigkeit der Pflanzenarten abhing. Die alpine Periode jener Zeit ist also nicht mit der gegenwärtigen vergleichbar.

Das Klima verbesserte sich allem Anschein nach sehr schnell, so dass die Vegetation energisch und reich an Pflanzenarten ihren Einzug hielt. Die in den Moränenvertiefungen entstandenen zahlreichen kleinen Weiher verlandeten und in ihrer Wasserflora stellten sich auch viele südlichere Arten ein. Die Versumpfung fing schon damals an sich geltend zu machen, hauptsächlich in den Tälern, aber möglicherweise auch an den Abhängen, wo die Grund- und Sickerwässer vielfach zu Tal strömten. Der Übergang zur folgenden Periode erfolgte mit der Ankunft und beginnenden Machtstellung der Kiefer.

Die Machtperiode der Kiefer.

Der Umstand, dass die Kiefer unwiderstehlich und schnell das Übergewicht zu gewinnen beginnt, weist darauf hin, dass das Klima günstig sein muss. Die Kiefer erscheint und verbreitet sich auf allen südlichsten Fjelds, der Birke und möglicherweise der Alpenregion nur auf den höchsten Bergspitzen Raum lassend, bis fast ganz Lappland bewaldet ist. Das Auftreten der Wälder unter so günstigen Verhältnissen bewirkt, dass die Versumpfungerscheinung keine grossen Vorbedingungen haben kann, weil durch die Vermittelung der Bäume sehr viel Wasser verflüchtigt wird. Immerhin findet Versumpfung statt, namentlich in den Tälern, wo sich sogar dicke Torfschichten vor allem südlich und nördlich des Saariselkä ablagern, in jenem Flachlande, das noch eben zahlreiche Moore umfasst. Viele ehemalige Seen verwachsen und ihre Sedimentation geht ruhig von statten. Auf der Gyttdja lagert sich Dy und auf diesem *Equisetum*-torf ab, wonach sich das Moor in ein Seggenmoor mit dichten Riedgrasbeständen umwandelt. Von der Flora der ehemaligen Seen seien *Myriophyllum spicatum* und *Ceratophyllum demersum* erwähnt, die in den Weihern des südlichen Enontekiö wachsen, und *Nymphaea*

und *Nuphar* kommen nördlicher als heute vor. Wie die Profile von Iitto darlegen, ist der Wasserspiegel stellenweise viel niedriger gewesen, als heutzutage.

Auf Grund der Pollenuntersuchungen wissen wir, dass die Vegetation eine üppige gewesen ist, denn Blütenstaub von Blumen ist reichlich vorhanden, und auch die Erle wuchs damals viel allgemeiner und nördlicher. Bemerkenswert sind ferner einige deutliche Pollenkörner von *Tilia*, in den Mooren am Pöyrisjärvi gefunden. Selbstverständlich darf man nicht annehmen, dass die Linde damals so nördlich gewachsen sei, aber der fragliche Anflug ruft doch die Vermutung hervor, dass sie damals viel nördlicher als jetzt vorkam. In diesem Zusammenhang verweise ich auf die Pollenfunde in Nowaja Semlja und auf den Orkney-Inseln. (Ganz besonders interessant ist auch der Umstand, dass die Lärche, nach einigen Rostpilzen zu urteilen, ebenfalls wenigstens ganz in der Nähe dieser Gegenden zu jenen Zeiten gewachsen ist, wie die Untersuchungen von RAINIO ¹⁾ darzulegen scheinen.)

Die Periode der Fichtenankunft und der Verschlechterung des Klimas.

Wie aus der Untersuchung hervorgeht ist die Lage der Fichtenwaldgrenze zum grossen Teil dadurch bedingt, dass die Fichte damals in Finnisch-Lappland ankam, als die Kiefer sich zurückzog und folglich eine allgemeine Verschlechterung des Klimas eintrat. Einen bestimmteren Anhaltspunkt hinsichtlich der Zeit hat man in Lappland nicht finden können, und deshalb müssen wir selbstverständlich davon ausgehen, dass sie mit der entsprechenden Erscheinung in Schweden zusammenfällt, wo es möglich gewesen ist, ihren Zeitpunkt ungefähr auf das Jahr — 2500 zurückzuführen. Eine Andeutung derselben Chronologie geben gewisse Fälle am Laufe des Vanajavesi u. a., das Aussterben von *Trapa natans* in Südfinnland und die rasche Erhöhung des Wasserspiegels. In jener subatlantischen Zeit fanden also in Lappland grosse Veränderungen statt. Die Kiefer zog sich von den Fjelds zurück, und zwar, wie die Pollendiagramme darlegen, namentlich in den zwischenliegenden Gebieten mit grosser Geschwindigkeit, langsamer wiederum an den Flussläufen, wo die Höhenunterschiede nicht so gross sind. Gleichzeitig rückte die Fichte bis an den See Vuontisjärvi in Enontekiö vor. In der Gegend von Petsamo und Inari hat keine Einwanderung der Fichte konstatiert werden können,

¹⁾ A. J. RAINIO, Uredinae lapponicae. Annales societatis zoolog.-botanicae fenniae Vanamo, Tom. 3, N:o 7, Helsinki 1926, S. 264.

denn der Höhenzug des Saariselkä hat ein natürliches Hindernis ausgemacht, das nicht von der Fichte überwunden werden konnte. Die Fichte ist daher um den Südrand des Saariselkä herumgegangen und südlicher im Tal des Torniojoki schnell vorgerückt, sich langsamer bis zum nördlichen Teil von Sodankylä ausbreitend.

Aber aus irgendeinem Grunde zog sich die Fichte von ihren äussersten Grenzen zurück, um dann wieder einen neuen Vorstoss zu machen, wobei sie jedoch nicht so weit gelangte wie das erste Mal, wie man aus den Pollenfunden entnehmen kann. Danach zog sie sich von neuem zurück und setzte sich schliesslich innerhalb ihrer heutigen Grenzen vor den trocknen Heiden fest. Veranlasst wurde ihr letzter Rückzug bestimmt zum grossen Teil durch die Versumpfung und die Kultur.

Vorausgesetzt, dass das Auftreten der Fichte von einem kontinentalen Einfluss im Klima zeugt, darf man also annehmen, dass beide Vorstösse einer kälteren und trockneren klimatischen Phase mit einer etwas feuchteren Zwischenzeit entsprechen. Während dieser Schwankung des Klimas und unter dem Einfluss starker Gefrierungserscheinungen hätten sich zur Zeit des ersten Fichtenvorstosses die ersten Torfhügel und -wälle sowie die Formationen des durchlässigen Bodens gebildet. Während der darauf folgenden feuchteren Periode war die Versumpfung stärker. Schon weil der Wald zurückwich und den Boden einer stärkeren Feuchtigkeit überliess, bildeten sich Mooregebiete mit grösserer Schnelligkeit. Im Verlauf der folgenden trockneren Periode entwickelte sich eine neue Phase der Torfhügel und -wälle, und an vielen Stellen hörte der Torfprozess auf. Relikten aus jener Zeit würden die Tundren und die abgestorbenen Torfformationen, von welchen oben die Rede war, darstellen. Wenigstens in gewissen Fällen weisen die Pollenuntersuchungen darauf hin, dass es sich jedenfalls im grossen ganzen so verhalten hat; da aber die Untersuchungen noch fortgesetzt werden, kann ich hier nicht auf eine detailliertere Betrachtung eingehen. In der Tat gibt die Struktur der Torfhügel und -wälle in manchem Falle Grund zu der Auffassung, dass man in ihrer Entstehung zwei Erweiterungsperioden und somit auch eine primäre Entstehungsperiode feststellen darf.

Jedenfalls ist die Versumpfung während der subatlantischen Periode sehr stark gewesen und die Verwachsung der Seen hat dann eine andere, nämlich eine mechanische Form erhalten, wobei die Gefrierungserscheinungen eine grosse Rolle spielten.

Im Lichte dieser kurzen Übersicht dürfte man die Eigenart der lappländischen Natur und die Ursachen, warum die Klarstellung dieser Fragen und Probleme einen einheitlichen historischen Hintergrund

verlangt, verstehen können. Und auch das dürfte klar werden, dass die oben referierten Fragen sich eng miteinander verknüpfen, wodurch die Richtigkeit der Behauptung bestätigt wird, dass sie tatsächlich in Lappland einen geographischen Komplex bilden, in welchem die Gegenwart mit allen ihren verschiedenen Formen und Entwicklungsreihen mit Hilfe der historischen Entwicklung ihre Erklärung findet.

Erklärung der Beilagen.

In den Erläuterungen der Profile (neben den Diagrammen) sind nur die hauptsächlichsten Moorbodenarten angegeben. In den Profilen sind die Mischtorfarten durch Kombination dieser Bezeichnungen dargestellt. So bedeutet beispielsweise eine Kombination von horizontalen Linien und Kreuzen einen aus Seggen und Braunmoos gebildeten Mischtorf usw. Das Verwesungsstadium ist nach Möglichkeit so angegeben, dass eine relativ dichtere Bezeichnung stärker verwesten Torf anzeigt als eine undichtere.

Helsinki, April 1927.

Lapin metsänrajoja ja turvemaita koskevia tutkimuksia.

Selostus.

Uusimpien valtakunnan metsiä koskevien arvioimisten mukaan on Suomen soiden prosenttimäärä 35,7 maan pinta-alasta. Paikoitellen tämä luku voi nousta jopa kaksinkertaiseksi Suomen pohjoisosissa, jossa soita on erittäin laajalti, kuten kartalta, kuva 2, näkyy.

On näin ollen luonnollista, että soiden käyttöön on viime aikoina kohdistettu yhä kasvavaa huomiota etenkin maa- ja metsätalouden kannalta, sillä soiden esiintymisestä riippuvat monessa suhteessa taloudellisen elämämme kehittymisen ja asutuksen levenemisen mahdollisuudet. Lisäksi soilla on suuri vaikutus maamme vesitalouteen ja hydrografiaan yleensä, puhumattakaan siitä että soiden vaikutus ilmastoon voi olla paikoitellen niin voimakas, että niillä siten välillisestikin on suuri merkitys maata viljelevän väestön taloudelliselle toimeentulolle.

Kuten tunnettua, soiden kasvipeite muuttaa ulkoasuun vuosi vuodelta. Suomen suomalaiset vaihtelevat lakkaamatta jo senkin takia, että pienet järvet kasvavat umpeen ja häviävät suokerroksiin, ja soiden korkeuskasvu aiheuttaa sen, että laajoja aloja kovista maista hautaantuu soiden peittoon, jolloin metsämaa muuttuu suoksi. Viimeksi mainittu ilmiö on niin valtavaa, että, kuten BACKMANIN tutkimukset osoittavat, soiden pinta-alasta on jopa 95 % entistä metsäpohjaa. Edelleen suot ovat arkistoja, joissa näkyvät postglasiaaliajan ilmaston muutokset ja joihin kasvillisuutemme varhaisemmat yhdyskunnat ovat hautaantuneet. Näin ollen voidaan subfossiilikasviston avulla seurata kasvistomme ja kasvillisuutemme kehitystä, ja yleensä siis soiden selvittely antaa sen historiallisen taustan, jonka pohjalla nykyiset olosuhteet käyvät ymmärrettäviksi. On siis vallon ilmeistä, että maantieteellisen tutkimuksen Suomessa ei sovi jättää tätä erittäin kiitollista tutkimusalaa syrjään, sitäkään suuremmalla syyllä, kun näillä tutkimuksilla on suuri taloudellinen merkitys ja kun niiden avulla saadaan selville nykyisyyden ja entisyyden kiinteä yhteys selvittämällä soiden kerrosjärjestyksestä ilmeneviä lakeja, joita sitten verrataan nykyisiin vastaaviin ilmiöihin ja soiden kehitykseen yleensä.

Vaikka suot metodisesti ovatkin pidettävät erillisinä sekä biologisina että geologisina muodostumina, ovat niissä sekä biologia eli nykyisyys että geologia eli entisyys niin läheisessä riippuvaisuussuhteessa toisiinsa, että jomankumman selvittely edellyttää suuremmassa tai pienemmässä määrässä toisenkin tuntemista.

Vuonna 1913 ilmestyneessä tutkimuksessaan A. K. CAJANDER esittää Suomen soiden tyyppijaoittelun kasvitopografiaan pohjautuen. Siinä hän tulee m. m. sellaiseen tulokseen, että erinäiset tyyppiryhmät esiintyvät säännöllisinä kombinaatioina keskenään eli kompleksityypeinä. Niitä on hänen mukaansa seuraavat: keidassuokompleksityyppi, Karjalan-kompleksityyppi, aapasuokompleksityyppi ja kumpusuokompleksityyppi. Samalla hän selvittelee niiden pääasiallisimpia ominaisuuksia kasvitopografian kannalta ja määrittelee niiden esiintymisalueet Suomessa. Kirjoittajan onnistui v. 1923 selvittää Suomelle kompleksityyppi, jossa on omat, muista eroavat piirteensä, n. s. kuusamolainen rinnesuokompleksityyppi (kuva 1), ja myöhemmin kävi tutkimuksistani selville, että näiden kompleksityyppien levinneisyysalueille ovat sijoittuneet myöskin maamme soiden stratigrafiset tyypit ja turvelajiryhmät. Sen lisäksi selvisi, että soistumisilmiöt ovat olleet postglasiaaliajan kuluessa kullakin kompleksityypin alueella erikoiset, samaten kuin nykyäänkin vaihtelevat noudattaen siinä nimenomaan edellä esitettyä kompleksityyppien aluejakoa. Täten oli kasvitopografisen tutkimusmetodiikan eksaktin pohja tullut toteennäytetyksi, ja näin saatiin myöskin sovelias maantieteellinen pohja vastaisia tutkimuksia varten. Suotutkimus Suomessa suuntautuikin yhä määrätietoisemmin regionaalisten säännöllisyyksien tutkimiseen näiden maantieteellisesti tärkeiden alueiden tuntemiseksi.

Tällä regionaalisella tutkimustavalla on merkitystä vielä toisessakin suhteessa. Kun näet näiden alueiden rajat noudattavat, kuten on osoitettu, iso-terminen kulkusuuntia, on selvää, että kasvitopografiset tyypit mukautuvat ilmastollisiin vaikutuksiin. Näin ollen on syytä odottaa, että stratigrafisten tyyppien levinneisyysrajojen oskillaatiossa ilmenisivät postglasiaaliaikoina vallinneet ilmaston vaihtelut.

Eniten on suoritettu tutkimuksia aapasuokompleksityypin alueella; kuusamolaisen rinnesuokompleksityypin pääominaisuudet ovat myöskin selvitetty, ja sen ohella on tehty tutkimuksia myöskin keidassuo- ja Karjalan kompleksityypin alueilla. Vähimmin tunnetaan maamme pohjoisinta suokompleksityyppiä, jonka alueella tekijä, Metsätieteellisen Koelaitoksen puolesta aloitti tutkimuksensa vuonna 1923 jatkaen niitä vuosina 1924 ja 1925. Sitä ennen tekijä on retkeillyt Kittilässä, Sodankylässä, Muoniossa, Enontekiössä, Inarissa sekä Utsjoella vuosina 1917 ja 1918.

Kuten mainittiin, kompleksityyppien alueet muodostavat selviä maantieteellisiä kokonaisuuksia, joissa on erilaiset suokasvillisuustyyppinsä ja geomorfologiset ilmiönsä. Niinpä Pohjois-Suomea ja Lappia luonnehtii nimenomaan siellä esiintyvä kumpusuokompleksityyppi kaikkine eri muotoineen.

Lapin ehkä luonteenomaisimpia piirteitä ovat kasvillisuusvyöhykkeet ja niiden eri vaihtelut regio alpinasta regio silvaticaan asti. Soiden kerroksista paljastuneet kannot kaukana regio alpinassa ovat osoittaneet metsänrajan vaihdelleen, ja juuri suotutkimukset ovat antaneet tälle kysymykselle senkin historiallisen pohjan, jonka valossa sitä on tähän asti käsitelty.

Lappi on pohjoisosissaan aukeata, metsätöntä maata, jossa mannerjäätikön kuluttamat loivarinteiset ja pyöreän tasalakiset vuoret, tunturit, ohuine moreenipeitteineen ja lohkeilleine kivikkoineen kohoavat ympäristöstä milloin yksityisinä korkeina (200—400 m) kumpuina tai jonoina ryhmittyen Enontekiön luoteisosassa, Utsjoen pohjoisosassa ja Petsamossakin paikoitellen rykelmiksi, joita ympäröivät laajat, tasaiset maat. Miltei kaikkialla, yksinpä tunturien rinteilläkin, huomataan soistumisen vaikutusta. Niitä verhoaa ohut soistu-

nut tundra, joka sulautuu vähitellen laaksoon leveneväksi, laajaksi ja aukeaksi nevaksi. Myöskin metsänrajan eteläpuolella olevien tunturien rinteillä huomataan samaa luonteenomaista soistuneisuutta, joka kaikkine vaihteluineen antaa maisemille niiden luonteenomaisen piirteen.

Mutta ei siinä kyllin. Soiden pinnan morfologisetkin piirteet ovat erikoisia juuri tämän kompleksityypin alueelle. Siellä näkyvät kaukaakin tarkasteltuina suuret jättiläismättäät, palsat, tummina kohoumina jäätymisilmiöiden särkemien soiden pinnalla. Suuret, epämääräisesti kiemurtelevat turvevallit, pounut, ja niiden väliset vetiset suon pinnan osat, rimmet, antavat vallan erikoisen kirjavan leiman näille, muuten niin yksitoikkaisille, maisemille. Varsinkin hieman etelämpänä nämä kuivat ja kosteat suon pinnan osat jakaantuvat säännöllisiksi systeemeiksi, jotka ovat yhdensuuntaisia ja kohtisuoraan veden juoksusuuntaa vastaan asettuneita. Sellaisia soita nimitetään jännesoiksi.

Kun näin ollen soiden merkitys maisemallisessa suhteessa on erittäin suuri, on selvää, että selvittelemällä soiden ominaisuuksia, joita tähän mennessä ei tarkemmin ole tunnettu, valaistaan tämän maantieteellisesti niin mielenkiintoisen alueen luonnetta, etenkin, kun suotutkimuksen avulla vielä voidaan määrittellä tälle yhtenäiselle maisemamuodolle ja sen ominaisuuksille historiallisiin tosiasioihin perustuva pohja.

Vuonna 1923 aloitettiin tutkimukset Enontekiössä sen etäisimpiä tunturi-alueita, Ruotsin ja Norjan rajoja myöten. Vuonna 1924 tutkittiin itäinen osa Enontekiötä sekä Pohjois- ja Luoteis-Kittilä, seuraavana vuonna Tornion ja Muonion jokien varret, Inarin eteläosat ja Petsamossa Paatsjoen varret. Samalla kuin nämä tutkimukset ovat tehnyt pohjoisimman eli kumpusuokompleksityypin selvittämiseksi, ne myöskin liittyvät läheisesti eräisiin laajoihin, kuusen tuloa Suomeen ja soistumisen intensiteettiä koskeviin kysymyksiin, joita allekirjoittanut on useain vuosien kuluessa tutkinut eri osissa maatamme. Kun kuitenkin Lapin tutkimukset osoittivat antavan joukon sellaisia tuloksia, jotka monessa suhteessa nykyään ovat aktuelleja, katson välttämättömäksi julkaista niistä osan, huolimatta siitä että näitäkin kysymyksiä koskevia tutkimuksia tullaan tulevaisuudessa jatkamaan, joten esitetyt tulokset ovat katsottavat tavallaan edeltäviksi tiedonannoiksi. Suomen valtio ja Suomen tieteelliset seurat ovat kohdistaneet huomionsa etenkin Suomen uusimman maa-alueen Petsamon tutkimiseen; siellä ryhdytään myöskin suotutkimuksiin järjestelmällisesti lähitulevaisuudessa.

Kun tämän tutkimuksen tulokset kootaan kokonaisuudeksi, voidaan sen nojalla esittää lyhyt historiallinen katsaus, jonka valossa nykyiset olosuhteet saavat selvityksen.

Kronologinen pohja on Lapissa toistaiseksi epävarma sikäli, että Lapin alueella ei ole vielä suoritettu tutkimuksia, joista ilmenisi sen ajan eksaktinen pituus, jonka kuluessa maa on ollut paljastuneena jäästä. TANNERIN tutkimuksista selviää, että suunnilleen finiglasiaaialaikana jäätikkö oli vielä niin laajalle levinnyt, että sen kielekkeet ulottuivat vuonojen perukoihin. Sitä seuraavan vaiheen aikana jäätikkö perääntyi nopeasti, niin että muodostui »kuollutta» jäätä tuntureille kautta koko alueen. Arviolta noin 6 000—7 000 vuotta sitten oli maa kuitenkin jo paljas, niin että kasvillisuus saattoi levitä. Sen perusteella, mitä tutkimuksista on tullut ilmi, voidaan tämä aika jakaa kolmeen eri osaan: jään sulamista seuranneeseen aikaan, männyn valta-aikaan sekä kuusen tulon ja ilmaston huononemisen aikaan.

Jään sulamista seurannut aika.

Kuten tunnettua ei tähän asti ole Suomesta varmasti voitu todeta jään perääntymisen jälkeen seuranneita* vaiheita, lukuunottamatta LINDBERGIN Karjalan kannaksella tekemiä, polaarista kasvistoa osoittavia löytöjä, jotka jossakin määrin viittaavat siihen, että jään perääntyessä olisi vallinnut tundra-kasvisto. Monet huomattavat tutkimukset, etenkin Pohjois-Ruotsissa suoritettut, ovat osoittaneet, että mänty ja koivu ovat yhdessä saapuneet nykyisille, pohjoisille kasvupaikoilleen. Varsinaista koivukautta ei ole voitu siellä, enempää kuin Suomessakaan todeta.

Kun ottaa huomioon sen, että mannerjäätikkö perääntyi erittäin nopeasti, on selvää, että ilmaston on täytynyt olla silloin erittäin suotuisa kasvillisuuden leviämislle. Kun tässä tutkimuksessa mainitut tulokset osoittavat, että Pohjois-Lapissa voidaan erottaa sekä alpiininen että subalpiininen vaihe, voidaan pitää varsin luonnollisena, että vaikka muualla Suomessa ei olisi ollut näitä vaiheita lainkaan, puiden eteneminen tapahtui Lapissa sillä tavalla, että kuta etämmälle ne yhdessä saapuivat pohjoiseen, sitä tuntuvammaksi kävi kuitenkin ilmaston pohjoinen luonne, vaikuttaen siten puiden leviämisenopeuteen. Silloin koivu, joka, kuten tunnettua, on ilmastollisesti voimakkaampi laji, saattoi siellä levitä nopeammin, aikaansaaden siten subalpiinisen vaiheen ennen männyn tuloa. Se seikka, että sitä ennen kuitenkin oli lyhyt alpiininen vaihe, osoittaisi, minun käsitykseni mukaan, paikallista ilmaston koleutta lähellä perääntynyttä jäätä. Tämä regio alpina vaihe oli tietenkin erittäin selvä tuntureilla, mutta näkyy myöskin laaksoissa, kuten esim. Ropmaenon varrella. Näin ollen ei postglasiaaliajan alussa vallinnut alpiininen ja subalpiininen vaihe osoita muuta kuin paikallista koleata ilmastoa, ja se on toisaalta myös johtunut osittain siitä, että kasvilajit etenevät eri nopeasti. Silloista alpiinista vaihetta ei voi siis verrata nykyiseen.

Ilmaston paraneminen oli kaikesta päättäen erittäin nopeata, niin että kasvillisuus saapuu voimakkaasti ja kasvilajirikkaana. Monet moreenipainanteisiin syntyneet pienet lammet kasvavat umpeen, ja niiden vesikasvistossa alkaa olla monta eteläisempääkin lajia. Soistuminen alkoi silloin jo vaikuttaa etenkin laaksoissa ja mahdollisesti rinteilläkin, missä runsaat pohja- ja vajovedet virtasivat. Siirtyminen seuraavaan aikakauteen tapahtui männyn tullessa ja saadessa ylivallan.

Männyn valta-aika.

Se seikka, että mänty alkaa vastustamattomasti ja nopeasti saada ylivallan, viittaa siihen, että ilmaston täytyi olla suotuisa. Mänty saapuu levi-
ten kaikille eteläisimmille tuntureille ja jättäen tilaa koivulle ja mahdollisesti regio alpinalle vain korkeimpien tuntureiden huipuille, niin että miltei koko Lappi on ollut metsäistä. Metsän esiintyminen sellaisissa suotuisissa olosuhteissa aiheuttaa sen, että soistumisilmiöllä ei voi olla niin suuria edellytyksiä, koska veden haihtuminen puiden kautta on erittäin runsasta. Kuitenkin soistumista tapahtui varsinkin laaksoissa, joissa kerrostui paksujakin turvekerroksia, etenkin Saariselän eteläpuolella ja sen pohjoispuolelle niille laakeille maille, joissa nykyjäänkin on soita runsaasti. Useat muinaisjärvet kasvavat silloin umpeen, ja niiden sedimentaatio on rauhallista. Liejulle kerrostuu mutaa ja sille *Equisetum*-turvetta, minkä jälkeen suo muuttuu sarasuoksi, jossa on taajoja sara-

kasvustoja. Muinaisjärvien kasvistosta mainittakoon *Myriophyllum spicatum* ja *Ceratophyllum demersum*, jotka tavataan Etelä-Enontekiön lammissa ja *Nymphaea* ja *Nuphar* kasvavat pohjoisempana kuin nykyjään. Kuten Iiton profiilit osoittavat, vesi on joissakin ollut paljon matalammalla kuin nykyjään.

Siitepölytutkimusten mukaan kasvillisuus on ollut rehevää, koska kukkakasvien siitepölyä on erittäin runsaasti, ja *Alnus* on ollut paljon yleisempi ja pohjoisempi kuin nykyjään. Merkille pantavia ovat niinikään *Tilian* pari selvää siitepölyhiukkasta, jotka ovat löytyneet Pöyrisjärven soista. Ei voida tietenkään olettaa, että *Tilia* olisi kasvanut silloin niin pohjoisessa, mutta kyseessä olevat kaukolennot kuitenkin antavat aiheen siihen otaksumaan, että se on kasvanut silloin paljon pohjoisempana kuin nykyjään. Tässä yhteydessä viitattakoon Novaja Semljalta ja Orkney-saarilta tehtyihin *Tilian* siitepölylöytöihin. (Erikoista mielenkiintoa ansaitsee sekin, että eräistä ruostesienistä päättäen olisi *Larix* niinikään kasvanut ainakin erittäin lähellä näitä maita niihin aikoihin, kuten RAINION tutkimukset osoittaisivat.)

Kuusen tulon ja ilmaston huononemisen aika.

Kuten tutkimuksesta käy selville, kuusen metsänrajan asemaan on suureksi osaksi syynä se, että sen tulo tapahtui Suomen Lappiin silloin, kun mänty perääntyi ja kun siis tapahtui ilmaston yleinen huononeminen. Mitään sen tarkempaa ajan kiinnekohtaa ei Lapissa ole voitu saada, vaan on tietenkin lähdettävä siitä, että se sattui synkronisesti vastaavan Ruotsin ilmiön kanssa, jonka aika on voitu määritellä noin — 2 500 vuodeksi. Suunnilleen samaan kronologiaan viittaavat eräät tapaukset Vanajaveden varrella, kuten m. m. *Trapa natansin* kuoleminen Etelä-Suomesta ja veden pinnan nopea nousu. Tänä subatlantisenä kautena sattuu siis Lapissa suuria muutoksia. Mänty perääntyy tuntureilta ja, mikäli siitepölydiagrammat osoittavat, erittäin nopeasti etenkin tunturien lomissa, hitaammin taas jokien varsilla, missä korkeus eroavaisuudet eivät ole niin suuret. Tällöin saapuu kuusi edeten aina Enontekiön Vuontisjärvelle asti. Petsamon ja Inarin puolella ei voida tätä kuusen tuloa todeta, sillä Saariselkä on ollut luonnollisena esteenä, jonka yli se ei ole voinut päästä. Se on siis kiertänyt sen eteläreunaa ja edennyt nopeasti etelämpää Tornionjokilaaksoon leviten hitaammin Sodankylän pohjoisille osille.

Mutta syystä tai toisesta se perääntyy uloimmilta rajoiltaan aloittaakseen uudelleen etenemisen, joskaan ei niin pitkälle kuin ensimmäisellä kerralla, mikäli siitepölyesiintymät osoittavat. Tämän jälkeen se vähäisen perääntyy uudelleen asettuakseen nykyisille rajoilleen kuivien kankaiden eteen. Viimeiseen perääntymiseen ovat varmastikin olleet suureksi osaksi syynä soistuminen ja kulttuuri.

Siinä tapauksessa, että kuusen esiintyminen osoittaisi kontinentaalisempaa vaikutusta ilmastossa, voidaan siis olettaa, että kummatkin etenemiset ovat kylmemmän ja kuivemman ilmaston vivahduksen merkkejä ja että niiden väliaikana olisi ollut hieman kosteampi vaihe. Tässä ilmastollisessa vaihtelussa olisivat jäätymisilmiöiden ollessa voimakkaat, kuusen ensimmäisen etenemisen aikana muodostuneet ensimmäiset palsat ja pounut sekä vuotomaa-muodostumat. Sen jälkeen seuranneessa kosteammassa vaiheessa oli soistuminen voimakkaampaa. Suoalueita muodostui jo sitäkin nopeammin, kun metsä pe-

rääntyi jättäen maat suuremman kosteuden varaan. Seuraavana kuivempana periodina muodostui uusi palsojen ja pounujen vaihe ja turvemuodostusprosessi lakkasi monin paikoin. Siltä ajalta olisivat relikteinä tundrat ja kuolleet turvemuodostumat. Ainakin eräissä tapauksissa viittaavat siitepölytutkimukset siihen, että näin on ainakin suurin piirtein ollut asian laita, mutta kun tutkimuksia vielä jatketaan, en voi mennä yksityiskohtaisempaan käsitteelyyn. Itse asiassa palsojen ja pounujen rakenne viittaa monessa tapauksessa siihen, että niiden synnyssä on todettavissa kaksi laajenemis- ja siis myös primääristä syntykautta.

Joka tapauksessa on soistuminen ollut erittäin voimakas subatlantisena aikana, ja järvien umpeenkasvu on silloin saanut toisen muodon, nim. mekaanisen, jolloin jäätymisilmiöillä oli suuri merkitys.



Phot. Väinö Auer.

Abb. 1. Hochalpines Gebiet. Porojärvi, Enontekiö.

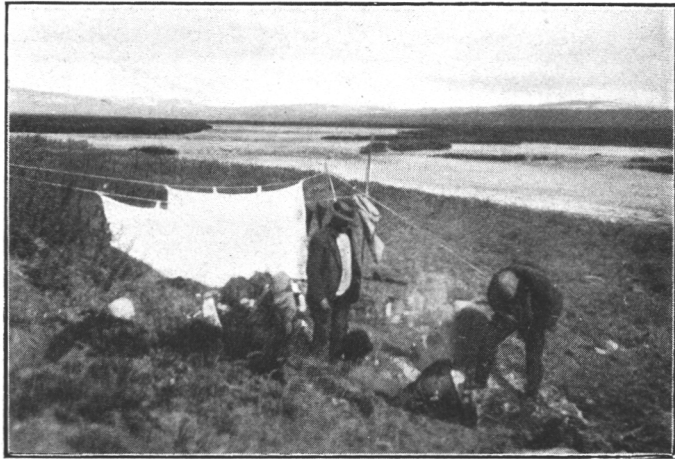
Kuva 1. Yläalpinista aluetta. Porojärvi, Enontekiö.



Phot. Väinö Auer.

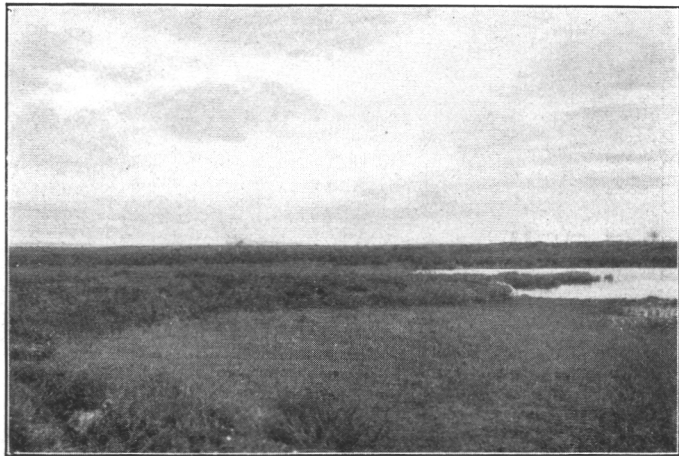
Abb. 2. Regio alpina. Pöyrisjärvi, Enontekiö.

Kuva 2. Regio alpina. Pöyrisjärvi, Enontekiö.



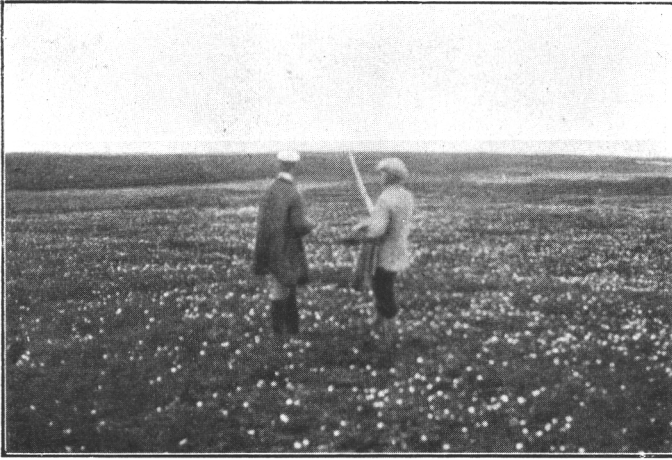
Phot. Väinö Auer.

Abb. 1. Das grosse, versumpfte Tal Ropmaeno. Enontekiö.
 Kuva 1. Ropmaenon laaja, soistunut laakso. Enontekiö.



Phot. Väinö Auer.

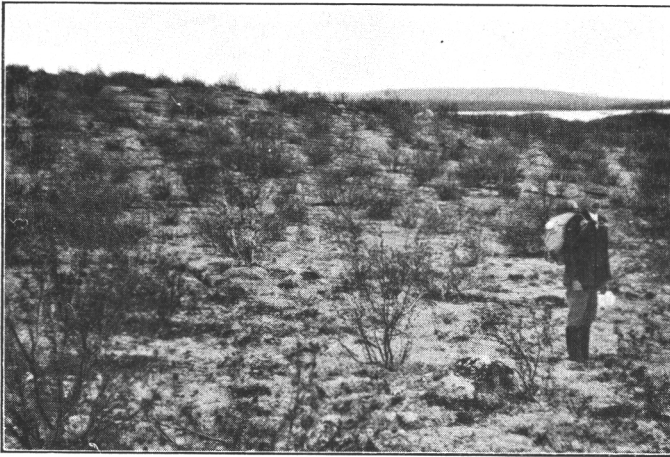
Abb. 2. »Pounu »Moor im Gebiete der Regio alpina. Enontekiö.
 Kuva 2. Pounusuo regio alpina-alueella. Enontekiö.



Phot. Väinö Auer.

Abb. 1. *Rubus chamaemorus*-Weissmoor auf der Insel Heinäsaari am Eismeer. Ein etwa 1 m dickes Torflager bedeckt die konvexe Oberfläche der Insel.

Kuva 1. *Rubus chamaemorus*-neva Jäämeren Heinäsaarella. Noin 1 m paksuinen turvekerros peittää kuperan saaren laen.



Phot. Väinö Auer.

Abb. 2. Regio subalpina-Gebiet. Reiche *Cladina*-Vegetation. Enontekiö.

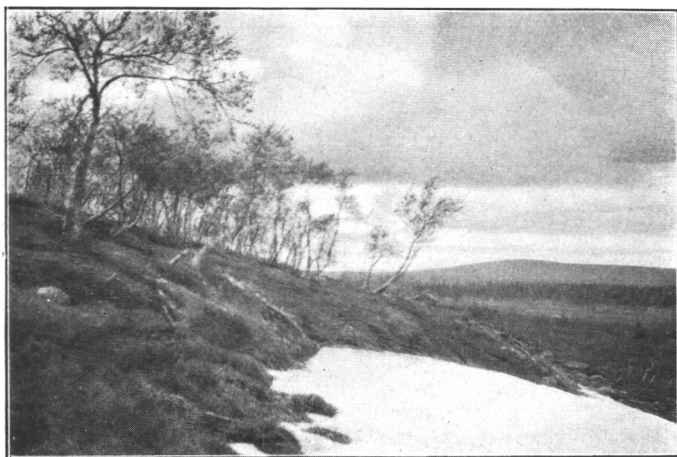
Kuva 2. Regio subalpina aluetta. Runsasta *Cladina*-kasvillisuutta. Enontekiö.



Phot. Väinö Auer.

Abb. 1. Tal des Porojärvi, wo infolge der Renntierzucht *Betula pubescens* verschwunden ist. Enontekiö.

Kuva 1. Porojärven laaksoa, jossa porohoidon vaikutuksesta *Betula pubescens* on hävinnyt. Enontekiö.



Phot. Väinö Auer.

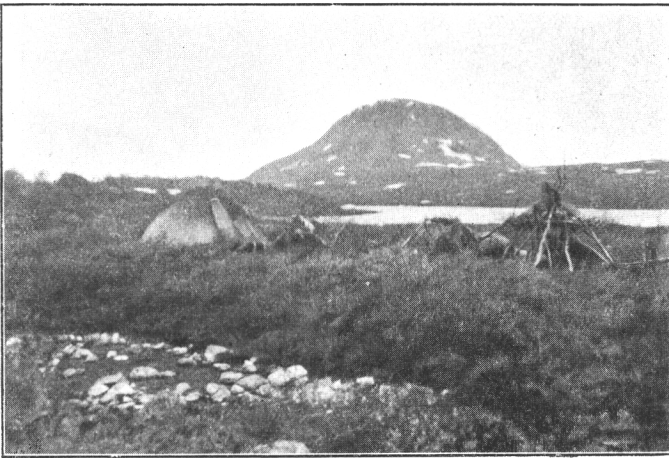
Abb. 2. Birkenwald am Osthang des Pallastunturi. Im Hintergrunde zur Waldregion gehörendes Gebiet. Kittilä.

Kuva 2. Pallastunturin itärinteen koivumetsää. Taustalla näkyy regio silvatica-aluetta. Kittilä.



Phot. Väinö Auer.

Abb. 1. Subalpines Gebiet im Tal Könkämäjoki. Naimakka.
 Kuva 2. Regio subalpina-alueutta Könkämäjoen laaksossa. Naimakka.



Phot. Väinö Auer.

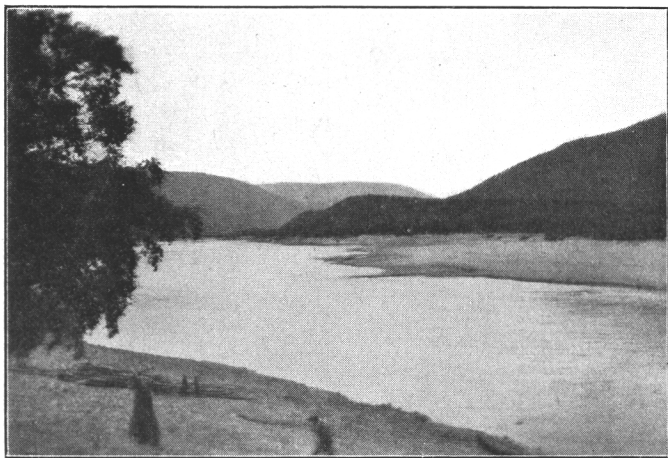
Abb. 2. Subalpines Gebiet. Reiche Zwergbirkenvegetation. Im Hinter-
 grunde das Fjeld Saanatunturi. Enontekiö.
 Kuva 2. Regio subalpina-alueutta. Runsasta *Betula nana*-kasvillisuutta.
 Taustalla näkyy Saanatunturi. Enontekiö.



Phot. Väinö Auer.

Abb. 1. Subalpines Gebiet am Paatsjoki. In der Ferne das Tal des Paatsjoki und Boris Gleb.

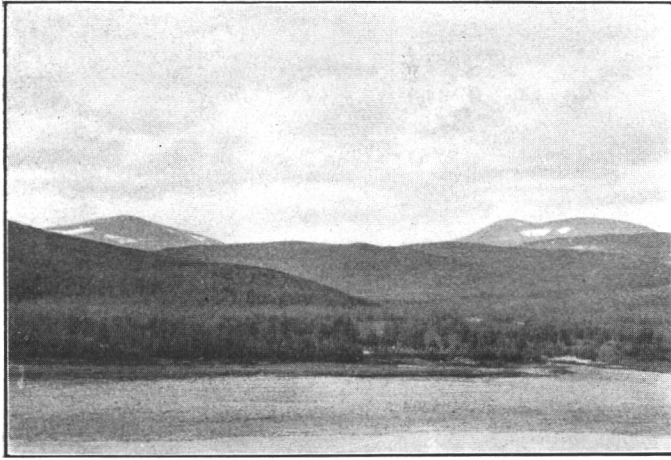
Kuva 1. Regio subalpina-alue Paatsjoen varressa. Etäällä näkyy Paatsjoen laakso ja Boris Gleb.



Phot. Väinö Auer.

Abb. 2. Tal des Tenojoki, subalpines Gebiet; im Vordergrund eine grosse Birke. Utsjoki.

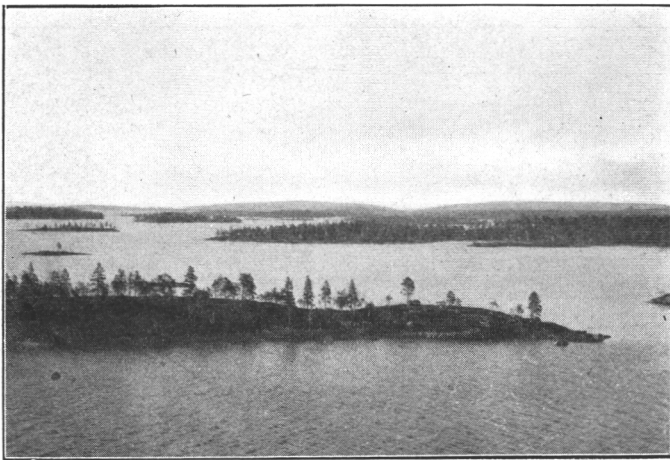
Kuva 2. Tenojoen laaksoa, regio subalpina-alue; etualalla näkyy suuri koivu. Utsjoki.



Phot. Väinö Auer.

Abb. 1. Tal des Tenojoki, das zu Norwegen gehörende Ufer. Hauptsächlich Birkenzone, mit vereinzelt Kiefern hier und da. Im Hintergrunde die Fjelds Rastegaisa und Keinogaisa.

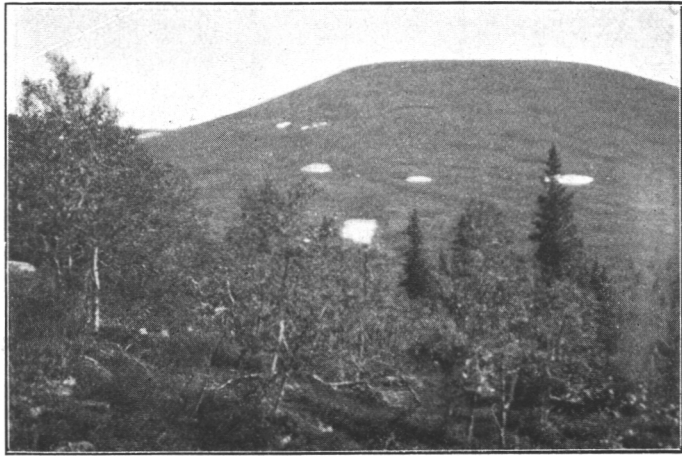
Kuva 1. Tenojoen laaksoa Norjan puoleista rantaa. Pääasiallisesti koivu-vyöhykettä, jossa siellä täällä tavataan yksittäisiä mäntyjä. Taustalla Rastegaisa- ja Keinogaisa-tunturit.



Phot. Väinö Auer

Abb. 2. Partie am Inari-See, auf dessen felsigen Inseln Kiefern wachsen. Eines der nördlichsten Fichtenvorkommen. Inari.

Kuva 2. Inarin järveä, jonka kallioisilla saarilla kasvaa mäntyä. Kuusen pohjoisimpia esiintymispaikkoja. Inari.



Phot. Väinö Auer.

Abb. 1. Subalpine Region am Pallastunturi. Ausser Birken vereinzelte Fichten. Kittilä.

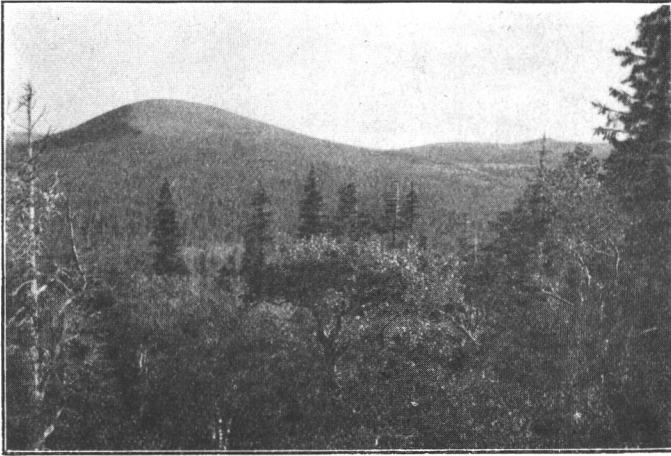
Kuva 1. Regio subalpinaa Pallastunturilla. Koivujen ohella näkyy joitakin yksityisiä kuusia. Kittilä.



Phot. Väinö Auer.

Abb. 2. Tal des Ounasjoki, der ebene Uferstrich hauptsächlich von Fichtenwald bestanden. Siedelungen längs des Ufers; zwischen dem im Hintergrunde sichtbaren Höhenzuge des Pallastunturi und dem Flusse grosse Moore. Kittilä.

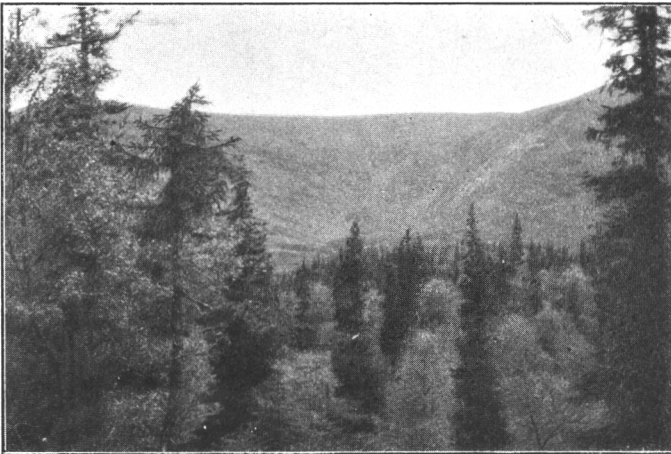
Kuva 2. Ounasjoen laaksoa, jonka tasaisella penkereellä levenee etupäässä kuusimetsää. Asutus on sijoittunut joen rannalle, ja taustalla näkyvän Pallastunturijonon ja joen välissä on laajoja soita. Kittilä.



Phot. M. Miettinen.

Abb. 1. Aussicht vom Pallastunturi nach Süden zum Lommoltunturi hin. Im Vordergrund hauptsächlich Fichten- und Birkenwald. Kittilä.

Kuva 1. Näköala Pallastunturilta etelään Lommoltunturia kohti. Etualalla pääasiassa kuusi- ja koivumetsää. Kittilä.



Phot. M. Miettinen.

Abb. 2. Pahakuru am Pallastunturi. Fichten- und Birkenwald. Kittilä.

Kuva 2. Pallastunturin Pahakuru. Kuusi- ja koivumetsää. Kittilä.



Phot. T. I. Haataja.

Abb. 1. Aussicht vom Lommoltunturi zum Pallasjärvi. Aus Fichten bestehende Waldgrenze. Kittilä.

Kuva 1. Näköala Lommoltunturilta Pallasjärvelle. Kuusen muodostama metsänrajaa. Kittilä.



Phot. T. I. Haataja.

Abb. 2. Die letzten Fichten am Levitunturi. Kittilä.

Kuva 2. Viimeiset kuuset Levitunturilla. Kittilä.



Phot. T. I. Haataja.

Abb. 1. Obere Fichtengrenze am Osthang des Lommoltunturi. Kittilä.

Kuva 1. Kuusen yläraja Lommoltunturin itärinteellä. Kittilä.



Phot. T. I. Haataja.

Abb. 2. Fichtenwaldgrenze am Levitunturi. Kittilä.

Kuva 2. Kuusimetsänraja Levitunturilla. Kittilä.



Phot. Väinö Auer.

Abb. 1. Der Fluss Ivalojoiki, längs dessen Ufern Fichtenwald einen langen Ausläufer nach Norden bis zum Inari-See vorstreckt. Inari.

Kuva 1. Ivalojoiki, jonka rantoja kuusimetsä levenee pohjoiseen pitkänä kielekkeenä Inarin järvelle. Inari.



Phot. Väinö Auer.

Abb. 2. Im Vordergrund ein Gehängemoor vom *Carex*-Rimpi-Typus, dahinten versumpft der trockne Heideboden und die Bäume werden zu Dürrehölzern. Im Hintergrunde ist das Nordende des Ounastunturi sichtbar. Äusserste Fichtenwaldgrenze. Enontekiö.

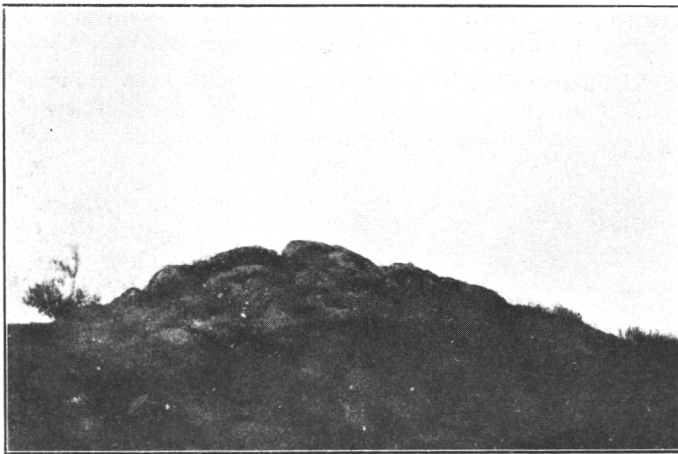
Kuva 2. Etualalla näkyy *Carex*-rimpityyppiä oleva rinnesuo, etäämpänä kuiva kangas soistuu ja puut keloutuvat. Taustalla näkyy Ounastunturin pohjoinen pää. Kuusen äärimmäistä metsänrajaa. Enontekiö.



Phot. Väinö Auer.

Abb. 1. Ausgetrocknetes Tundramoor, als Renttierweide benutzt und infolge dessem ein hartes Feld geworden, wo nur die alten Moorbülten emporragen. Subalpines Gebiet. Tuorkoltajärvi, Enontekiö.

Kuva 2. Kuivunut tundrasuo, joka porojen laiduntaessa on muuttunut kovaksi tantereeksi ja alkuperäiset suomättäät ovat jääneet jällelle. Regio subalpina-aluetta. Tuorkoltajärvi. Enontekiö.



Phot. Väinö Auer.

Abb. 1. Etwa drei Meter hohe Riesenbülte oder »Palsa«, von deren Spitze sich Torfschollen ablösen. Pöyrisjärvi, Enontekiö.

Kuva 2. Noin kolmen metrin korkuinen jättiläismätäs eli palsa, jonka laelta turvelohkareita irtaantuu. Pöyrisjärvi, Enontekiö.



Phot. Väinö Auer.

Abb. 1. Umwälzende Wirkung der Gefrierungserscheinungen auf die Mooroberfläche. Im Winter durch das »Uhku«-Phänomen verursachte grosse Grube. In der Nähe des Sees Näkkälä, Enontekiö.

Kuva 2. Jäätymisilmiöiden aiheuttamaa mullistavaa vaikutusta suon pintaan. Suuri kuoppa on talvella uhkuilmiön aiheuttamana syntynyt. Lähellä Näkkälän järveä, Enontekiö.

STRATIGRAPHICAL AND
MORPHOLOGICAL INVESTIGATIONS
OF PEAT BOGS OF SOUTHEASTERN
CANADA

VAINÖ AUER

STRATIGRAFIJA
JA MORFOLOGISIA TUTKIMUKSIA
KAAKKOIS-KANADAN SOISTA

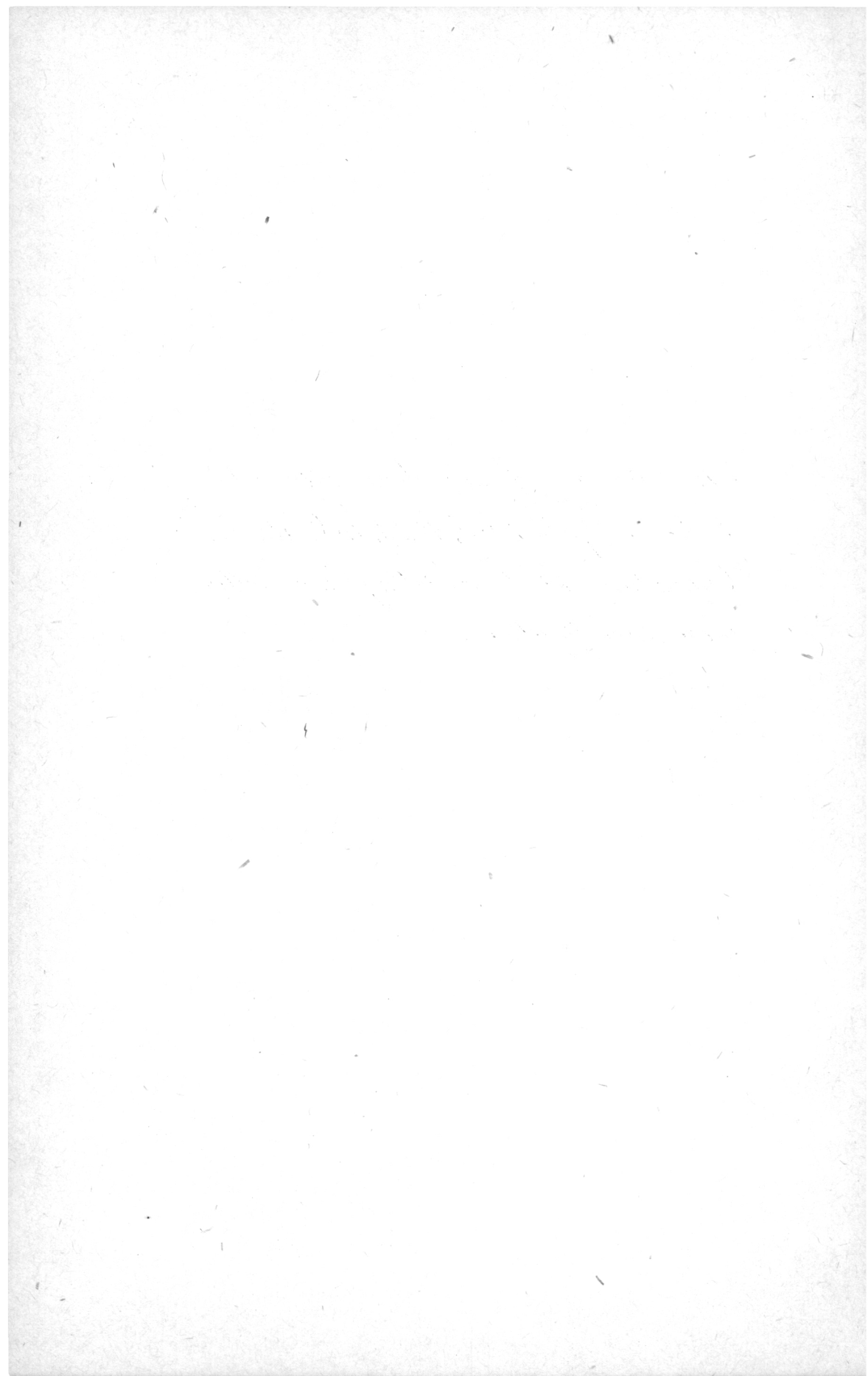
VAINÖ AUER



HELSINKI 1927

HELSINKI, 1927
VALTIONEUVOSTON KIRJAPAINO

*In memory of my dear wife who
died on April 23rd, 1926, in Ottawa,
Canada, whilst assisting me with
these investigations.*



CONTENTS.

	Page
I. Introduction	1
II. Methods	2
III. The distribution of peat bogs in Canada	5
IV. Various species of peat deposits	6
V. Stratigraphic types	8
VI. The origin of peat bogs in stratigraphic light	10
VII. The general development of peat bogs in stratigraphic light	15
VIII. The forms of peat bogs	17
IX. The stratigraphy of peat bogs and the postglacial period	20
X. The ancient flora and vegetation	29

An explanation of the appendixes.

STRATIGRAPHICAL AND MORPHOLOGICAL
INVESTIGATIONS OF PEAT BOGS OF
SOUTHEASTERN CANADA

PRELIMINARY INFORMATION

I. INTRODUCTION.

In 1925 I was granted an allowance for peat bog investigations in Canada by the International Education Board, and, so as to be able to begin with my field investigations in good time, I went over to Canada already in the spring of the following year.

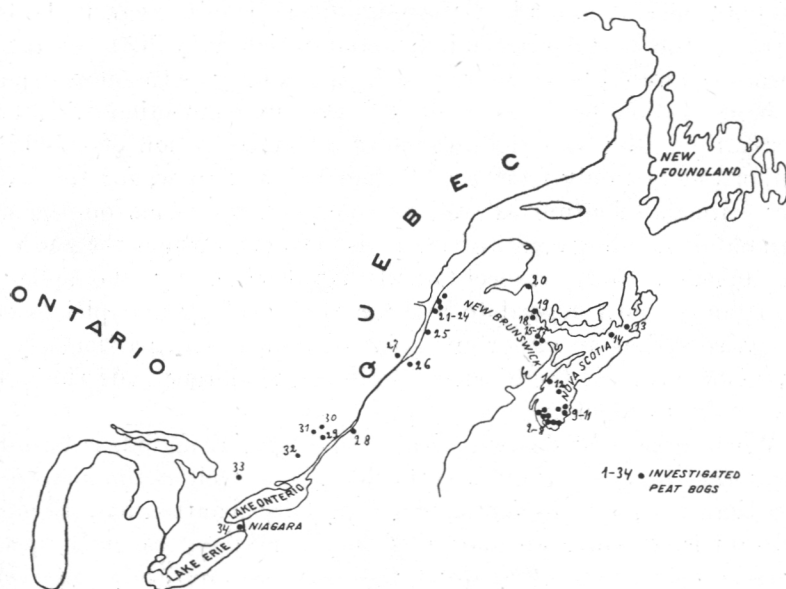


Fig. 1. 1 = Caribou, 2—8 = Salomon River, Tusket, Makoke, Argyle Heath, Argyle, Clyde, 9—11 = Port la Tour, Latour, Clyde River, 12 = Cherryfield, 13 = Mulgrave, 14 = Lincy, 15—17 = Canaan, Canaan »B» peat bog, Hick, 18 = Eal, 19 = Escuminac, 20 = Shippigan, 21—24 = Isle Verte, St. Arsene, Cacouna, Riviere du Loup, 25 = Riviere Ouelle, 26 = Clair, 27 = Sagamite, 28 = Large tea Field, 29 = Newington, 30 = Alfred, 31 = Mer Bleue, 32 = Perth, 33 = Blackwater, 34 = Welland.

The Geological Survey of Canada agreed to assist me in my investigations, allowing me the use of a laboratory together with all its implements, and in the summer supplying me with an assistant and a motor car, thus enabling me to extend my investigations as far as I wanted. Thanks to their friendly behaviour towards me, I was put

in a position to carry out my peat bog investigations from Nova Scotia right down to the Niagara Falls. By levelling and drilling, about 40 (Fig. 1.) profiles were made, their combined length being almost 50 kilometres; for laboratory treatment about 600 samples were taken, and of these more than 100 were megascopically examined for the purpose of exposing the subfossil flora, whilst the rest of them serve as a collection for microscopic examinations, partly for the analyzation of critical peat species, and partly for a determination of the pollen of the vegetation species.

The above investigations will be published in the Geological Survey's Series as two separate publications. Considering that no stratigraphic investigations of the peat bogs of Canada have so far been published, it is evident that significant results were to be expected, as the postglacial period, about which very little so far is known, thus would be better exposed, particularly as the newest peat bog investigation methods could be used in connection with this investigation. But the significance of an investigation of this kind is important not only from a Canadian point of view, for there are many critical, scientific as well as practical, questions on the old Continent demanding points of comparison from elsewhere for a correct interpretation. In this respect Canada has also in many other spheres, for instance, with regard to archæan rock geology and pleistocene geology, served as an important point of comparison, particularly as the phenomena over there can be verified on a larger scale than, for instance, in Europe.

When expressly dealing with the postglacial period, it is quite evident that an analysis of climatic changes, as well as the history of vegetation, are questions demanding a specially big attention. Equally important is, of course, an analysis of the general morphological aspects as well as their causes. As many of these questions just now are very much to the fore, especially those that have to be analyzed according to the newest methods, I consider it appropriate already now to publish some preliminary informations about the results, this particularly in view of the fact that the compilation of the extensive investigations will take a long time, as the laboratory work is very slow.

II. METHODS.

Whilst carrying out my field investigations, I had at my disposal a very convenient levelling instrument, received from the Geological Survey, and a peat drill of the Hiller-type which I had brought with me from Finland, and by the aid of which I could reach a depth of

up to 9 metres. As indicated by the profiles, drillings have been carried out at various distances, depending upon the surface of the peat bog as well as upon the shape and structure of the bottom. When the structure of the peat bogs is proved by the profiles to be specially homogeneous and monotonous, then it has not been necessary to do the drilling very closely for each profile, which has, of course, been very useful in so far as to leave more time for getting a more extensive general survey. Indeed, an effort has been made during this investigation to take a regional survey of the appearance of peat bogs in a special part of a wide country, thus making it easier to continue the special investigations later on.

The laboratory investigations have been continued in two different parts, viz., the megascopical preparation of plant remains, and the microscopical examination primarily for fixing the fossil pollen.

Big samples, of the size of the whole peat drill box (30 centimetres in length), have been taken for an analyzation of the subfossil vegetation. After these samples have been treated in the laboratory with nitric acid (HNO_3), they have been rinsed by special rinsing contrivances, and water has been applied separately to subfossil remains such as seeds and leaves, and also to certain mollusks which, however, could not be treated with acid, but only with water. The United States Department of Agriculture, Bureau of Biological Survey, have by special courtesy undertaken to examine the subfossil samples, and I am deeply indebted to the Principal of this Bureau, as well as to Dr. W. L. Mc ATEE who has carefully examined the samples, and who has defined their subfossils.

In my microscopic investigations I have followed the methods generally used in peat geology, and which I will shortly describe below. The samples for microscopic investigations are taken with particular care, and in such a way that the drilling is carried out from the surface downwards, whereupon the peat is separated from the centre of the box so carefully that no influence from other layers can even come into question. In the laboratory, the samples are at first boiled in potassium hydroxide (KOH), whereupon they are developed into microscopic slides which are fixed into a special collection. Whilst making quantitative pollen definitions one has always had to go through the whole slide, 8×8 millimetres, in which case some hundreds of pollens have been counted in each, but in case the pollen concentration has been so small that the number of pollen particles has not reached a hundred, then numerous slides have been made and examined. When the layers of peat species in the bogs proved themselves to be particularly homogeneous and clear,

samples were generally taken at a distance of half a metre. The quantitative pollen investigations were combined into diagrams, where the logarithmus is an abskiss, and the depth of the profile is an ordinate. The use of a logarithmus as an abskiss has been inevitable, thus leaving space in the diagram for numerous species with a small percentage amount.

As no investigations whatsoever of a similar kind have been previously carried out in Canada, I made a special collection of recent pollens for getting comparative material. Besides myself, Dr. ERDTMAN in Stockholm has got a collection of a similar kind. I was given the opportunity of going through some series together with Dr. ERDTMAN, when we carried out controlling investigations and came to an agreement about the determination and registration of some critical pollens. For this I am deeply indebted to him¹).

The general method that has been applied to peat bog investigations in Finland, and this method has been supported also elsewhere, is based upon the opinion that the peat bogs should be considered as separate biological and geological formations already on the ground of the existence of bog plant associations, or bogs, where no peat whatsoever is to be found, whilst, on the other hand, there are peat deposits that from a plant-topographical point of view cannot be considered as peat bogs, as there grows no peat forming vegetation at all. The peat bogs are thus in a biological sense peat-forming plant associations, and in a geological sense, natural peat deposits. But when one takes into consideration that the surface vegetation of the peat bogs, at the same time as it is dependent upon peat as a growth-place, also is a cause of the growth of peat, then there exists quite a firm connection between each of these two conceptions. Indeed, in this respect it is difficult to interpret correctly plant-topographical problems, unless one knows the earlier history of the development of peat bogs, just as it is impossible to understand the stratigraphy of peat bogs, unless one is aware of the transformations that have taken place on the surface. Consequently, when there is a question of interpreting peat bog types, I want to emphasize the fact that it is impossible to comprehend morphology without the aid of stratigraphy. The peat bog investigation method has, on this account, also specialized as an independent and original method, and may thus, particularly with regard to regional questions, give a correct explanation to geographical regularities not only with regard to the occurrence

¹) G. ERDTMAN, Literature on pollen-statistics published before 1927. Geol. För. Förh., Bd. 49, H. 2, 1927.

of peat bogs, but also when there is a question of such comprehensive problems as the occurrence of a flora and the development of climatic conditions. A peat bog investigation may thus, indirectly, help to explain many questions, amongst others, colonization and even economical questions.

III. THE DISTRIBUTION OF PEAT BOGS IN CANADA.

The knowledge of Canada's peat bogs is still very defective. In the report of R. CHALMERS¹⁾ the total area of the Canadian peat bogs has been approximately estimated at 37,000 square miles.

As is well known, the occurrence of peat bogs is in the first place dependent on the climate, further on the topography of the countries, and on pedological factors, but even the geological age of countries may considerably affect their occurrence in so far as those regions that have appeared after the ice-period and from underneath the sea have required longer and shorter times for the formation of peat bogs.

An estimation of the Canadian peat bogs is thus very difficult, if not altogether impossible, as the spread of peat bogs is not yet sufficiently known. However, the influence of climate can in general be ascertained, as peat bogs are particularly to be found in the area of the humid climatic zone, such being the case also elsewhere on this globe. According to some sources of information there are also plenty of peat bogs, even similar ones to the European slope peat bogs, to be found on slanting ground in the western parts of the Rocky Mountain, especially in the neighbourhood of the Pacific Ocean. NICHOLS's²⁾ very important investigations explain the spread of peat bogs in the United States where one is also able to note the influence of the sea (Highmoor or Rised bogs) on their location near the coast. Particularly widely distributed in Canada are the so-called Muskeg peat bogs which, according to the available literature, resemble continental peat bogs, and particularly those of North Europe. According to FRANCIS J. LEWIS and E. S. DOWDING³⁾ there is an abundance

¹⁾ R. CHALMERS, Mineral Resources of Canada, Bull. on Peat. Geol. Surv. Can., 1914.

²⁾ GEORGE E. NICHOLS, The Vegetation of Northern Cape Breton Island, Nova Scotia. Connecticut Academy of Arts and Sciences, New Haven Conn., 1918.

— —, Raised bogs in Eastern Maine. The Geographical Review, New York, 1919.

³⁾ FRANCIS J. LEWIS and E. S. DOWDING, The vegetation and retrogressive changes of peat areas («Muskegs») in Central Alberta. The Journal of Ecology. Cambridge, 1926.

of Muskeg peat bogs in the south of Canada as well as in the north of the United States, though these statements require more accurate information. The above scientists draw the attention to a very important point, according to which the occurrence of peat bogs is dependent upon the occurrence of glacial drift.

IV. VARIOUS SPECIES OF PEAT DEPOSITS.

LIMNISTIC PEAT KINDS.

The most general peat kinds of the investigated area are the following.

By anorganic ooze I mean the blue or grey, sometimes brownish or yellowish, amorphia, and the tough, mostly anorganic, substance where the upper part of the layer may contain plankton. In some instances this substance is difficult to detach from the clay beneath, particularly when the latter is tough and moist.

The anorganic amorphic ooze is found either as clay ooze, plankton ooze, or detritus ooze. This ooze layer is seldom thick, and the above mentioned species often demonstrate the different stages of development of the same lake.

The organogenic ooze contains principally organic remains and *Diatomaceae*s as well as pollen particles. Its colour varies considerably, though it is usually brown and with a tinge of green.

Included in this group is a kind of lime, containing remains of the mollusk shells. It has been found in the profiles of Newington, Perth, Blackwater, and Mer Bleue.

In the same peat bogs, partly stratified direct in lime ooze, has been found a kind of jelly-like, limnistic peat deposit. The colour of the said formation is brown, though sometimes, particularly in the Newington peat bogs, partly transparent, and of a light-brownish colour. With regard to its consistency, it is gelantine-like and greasy, and judging by the fact that mussel shells have been found in the lowest parts of the said stratum, there can be no humus acids. At Newington it varies from a solid substance of a dark-brown and greenish colour to a moist one of light colour; the last one appears in the centre of a big peat bog, close to the surface of a recently filled up lake, as the last limnistic facies just below the *Shpagnum*-cover.

Of the existing many kinds of plankton ooze the following ones might be mentioned: *Desmidiaceae*-ooze, ooze formed out of plankton

fauna, and the organogenic ooze containing an abundance of *Diatomaceae*-species.

Besides these, one might yet mention the detritus-ooze which in many respects is allochthonic, containing numerous remains of *Ceratophyllum*, *Myriophyllum*, *Najas*, *Potamogeton*, *Nymphaea*, and other water-plants.

In cases when ooze and peat are formed side by side, there comes into existence so-called ooze-peat, and then a lot of *Carex*, *Cladium*, *Typha*, and *Equisetum*, are found amongst the ooze.

Especially in Nova Scotia, at the bottom of small peat bog lakes, mud (dy) has also stratified on which the influence of the humus substance can be noted. Plankton mud is quite common, and so is also detritus mud, containing remains of *Carex*, *Sphagnum*, and *Amblystegium*.

Accumulation-peat formations are found only as small lenses on the former shores of filled up lakes.

More rare are the limnistic *Typha* and *Scripus* peat formations, and in certain cases one is able to discern a special limnistic *Carex* peat. Also *Equisetum* is occasionally forming a limnistic layer, intermixed with others.

TELMATIC PEAT KINDS.

The most important peat kind of the telmatic formations is the *Carex* peat, discovered in the strata of all peat bogs, either as a thin bottom layer, or forming the bottom layer of a whole peat bog, as is the case with the Alfred and Large tea Field peat bogs.

Carex peat may be quite pure, but one often encounters mixed peat kinds consisting of *Carex* and *Amblystegium*, and occasionally also of other kinds of peat deposits.

Vaginatum peat (*Eriophorum vaginatum*) is not found as a special layer, but chiefly intermixed with *Spagnum*. However, the importance of *Vaginatum* peat is not as big as one might gather from the ANREPS reports.

Pure *Amblystegium* peat is rather scarce, but it occurs so much oftener intermixed with certain kinds of forest peat.

SEMITERRESTRIC PEAT KINDS.

Spagnum peat, closely belonging to this group, is the most general and most important kind of peat deposit of the investigated area. It is forming thick strata whose plant-composition is exceptionally pure and homogeneous. Microscopic examination of the peat bog strata

has shown that the moss mainly belongs to the *Sph. cymbifolium* and *acutifolium* groups. The *Sphagnum* peat is usually quite raw, but decayed strata are found as regular horizons in the layers of the peat bogs, and there are even many such instances when decayed *Sphagnum* is forming the entire layer of the peat bog, with the exception of a few bottom layers.

TERRESTRIC PEAT KINDS.

Terrestrial species of peat deposits have been found principally of two kinds: in the decayed stub-layers of *Sphagnum* peat together with the stub, or in decayed layers of thick brushwood, and in grass-herb forest peat. The latter is a very rich peat formation, particularly when it contains plenty of *Amblystegium*. As stated above, the former is found in *Sphagnum* peat, thus by nature being a kind of pine-bog peat, whilst the latter is composed of quite clear strata, usually found in the bottom or border layers of the peat bogs, and caused by a very rich grass-herb forest type. In the peat bogs situated on river banks with a luxuriant vegetation it is forming coherent, thick strata, just above the limnistic strata, as testified by the Blackwater peat bog.

V. STRATIGRAPHIC TYPES.

The previously mentioned peat kinds appear as regular groups and as definite structure types.

Limnistic peat kinds exist in the bottom layers of the peat bogs, but they are also very often found in peat layers, even above the terrestrial layers. Telmatic strata, i. e., *Carex* peat, are usually found just above limnistic ones, with semi-terrestrial *Sphagnum*-strata right on top. According to the profiles already mentioned in this investigation, the peat bogs can thus be divided into the following types:

Sphagnum peat bogs, with *Sphagnum* as the principal peat kind. The peat bogs, consisting of raw *Sphagnum*, are the most usual ones, when decayed peat strata are found only as thin layers without any bigger importance. Their stub-layers are scarcer and smaller than in the stub of the corresponding *Sphagnum* peat bogs. This kind is, for instance, represented by the St. Arsene and Isle Verte peat bogs. Decayed *Sphagnum* peat bogs are usually of a more even kind, as proved by the Makoke and Mer Bleue cases. Each kind is represented in the Caribou peat bog, there being besides a thick limnistic layer. It is characteristic of these peat

bogs that they generally contain comparatively few other peat kinds. The layers of ancient lakes are small-sized and thin, but most frequently there are no ancient lakes at all, only the bottom being composed of *Carex* peat.

The other main group is composed of the *Carex* peat bogs, entirely dominated by *Carex*. Examples of this kind are, among others, the Alfred and Large tea Field, and, particularly in the former one, *Sphagnum* is found here and there as a thin surface layer.

A combination of the two former groups would make up a third main group. To this one might belong, for instance, the Newington and Perth peat bogs in which limnistic, telmatic, and semi-terrestrial peat kinds are comparatively evenly represented.

Even the geographical distribution of these types is regular in so far as the *Sphagnum* peat bogs are Ocean types, existing close to the Atlantic Ocean, whilst *Carex* peat bogs, on the contrary, are found inland as Continental types. Combinations of these two are, territorially, transition forms between ocean and continental types of peat bog territories. Thus, from a geographical point of view, *Sphagnum* peat is found as thick, coherent strata within the area under the ocean sphere of influence whence, in an inland direction, *Sphagnum* peat changes into a thin surface layer, here and there even entirely ceasing to exist as an independent kind in a stratigraphic sense. Contrary to the former peat kind, *Carex* is only a thin layer in the ocean area, but forming thick layers inland where also pure terrestrial peat strata are to be found. From the coast inland one can clearly note the increasing influence also of terrestrial peat kinds.

The occurrence of stratigraphic peat types in the southeastern parts of Canada thus clearly shows that climatic conditions are the most important factors, and that peat bogs chiefly adapt themselves to the influence of a dry or damp climate.

The peat bogs in the ocean type area are Highmoors whose extension is wider than what is generally stated in the ANREPS reports. The influence of sea climate is evident already from the fact that hilly Highmoors have been formed on a convex ground without any sediments of ancient lakes. This type may be called Canadian Highmoor, the qualities of which already have been described above.

As far as one is able to gather from the scanty literature on Muskeg forms, the above mentioned *Carex* peat bog should not be mixed with Muskeg peat bogs which in many respects remind one of the North-Finnish and Scandinavian *Carex* peat bogs, the latter ones having a so-called Finnish «aapasuo» type as a biological feature, with their

many different types indicating a varying moisture. A distinction should thus also be made between the so-called South-Canadian *Carex* peat bog type and the North-Canadian *Carex* peat bog type.

The Canadian grass-herb peat bog type is also quite a distinct formation which, as previously stated, is limited to the continental area, but whose occurrence greatly depends on local factors. The degree of fertility of the soil is of great importance also in this case.

VI. THE ORIGIN OF PEAT BOGS IN STRATIGRAPHIC LIGHT.

An account of the origin of peat bogs involves, of course, a most accurate knowledge of the nature and quality of the bottom layers of the peat bogs. In this case it is also very important to know the geological conditions under and after which the peat bogs have commenced to form.

With regard to the formation of peat bogs, one usually discriminates between three different ways: dry land turning into peat bog, lakes filling up, and flooded lands turning into peat bog, which all three can be proved during the formation of peat bogs at the present time. But they can also be geologically proved. Limnistic sediments, for instance, prove the existence of ancient lakes, and when no such sediments are found, peat only having stratified on dry ground, then there is a question of dry land having turned into peat bog. Flooded lands that have turned into peat bogs are restricted to river banks only.

When we, according to these principles, examine the profiles that have been carried out in Canada, one is able to notice in what degree the above points of view correspond to the stratigraphy of the Canadian peat bogs. It then appears, i. a., that the bottom of the ocean peat bog type contains, in a very small degree, sediments of ancient lakes, whereas the filling up of lakes has had a great, even deciding, influence on the continental type.

In the area of the ocean type one finds occasionally, as demonstrated by profiles, depressions in which small lakes have been formed when the sea receded as a result of the elevation of land. With regard to their extent they have, however, been very small, and especially shallow, and, consequently, their influence on the formation of the

whole peat bog area has been rather insignificant. Indeed, by the mere surface size of dry land and limnistic sediments one is not always able to estimate the strength, intensity, and causes of the different ways in which peat bogs have been formed, because even a small pond may have been the primary cause of the formation of a peat bog, and other factors have afterwards taken care of the further progress. But in the area of this type one must not attach too great importance to ancient lakes, as there are cases when no ancient lakes of any kind have been found at the bottom of peat bogs.

Thus there remain the eventualities of dry land having turned into peat bog, or the formation of peat bogs on flooded lands.

On the old continent the latter has always occurred on river banks, and, consequently, this way of peat bog formation can not come into question, as we here are principally dealing with peat bogs of a different kind. To what extent we here may have to consider the turning into peat bogs of dry or forest land depends, thus, in many cases, upon the quality of the bottom layer of peat bogs. The profiles then show two different cases when the bottom of the peat bogs consists either of mere *Carex* peat, or when *Sphagnum* has stratified direct on mineral ground.

As already stated, it is quite a characteristic feature of the peat bogs that their bottom consists of *Carex* peat, the thickness of which increases when we pass over to the area of the continental type. And, as further proved by the profiles, the bottom layer consists of *Carex* peat also then when the bottom of the peat bog is convex, without any depressions. It should further be noted that below this *Carex* peat, or between the bottom and the *Carex* peat, no signs of any tree vegetation has ever been found, but the said peat kind has stratified direct on the mineral ground below. A microscopic investigation shows that, particularly with regard to peat bogs which are situated farther away from the influence of the sea, *Carex* bottom peat contains plenty of *Sphagnum* remains, whilst those closer to the sea contain less. Before we pass over to examine the causes, throwing light upon this state of things, the fact should still be brought home that on the bottom of many a peat bog there has been found a comparatively loose clay, dried up only on the surface parts.

For the sake of comparison, it might be mentioned that in the area of the ocean type forest-lands turn into peat bogs by the aid of *Sphagnum*, and, consequently, there exists in any case an essential difference between peat bogs earlier formed, and those that are formed at the present time. Only on meadows on the sea coast does one come across a vegetation

that could be compared to the former one of which the bottom layers are composed.

The fact that surface parts on the bottom of the peat bogs consist of somewhat dried clay, containing *Diatomaceae* species of salt water, as well as the fact that the peat composition which has formed the peat bogs is showing present coast-types of the sea, entitles one to presume that at least some of the peat bogs have constituted the coast line of the sea when the water was receding, a phenomenon well known from the area of the land elevation in Finland. Of course, this does not exclude the possibility of dry land having become peat bog during the post-glacial period in a different way than at present, or thus that the *Carex* vegetation had a bigger influence on the formation of peat bogs

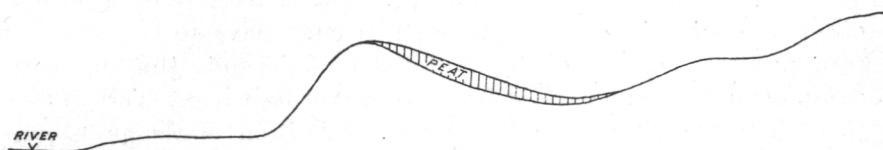


Fig. 2.

than at present. It is difficult to draw a line between these two different suggestions. But the facts plainly indicate that both of them have existed.

Finally, with regard to the fact that *Sphagnum* in some cases has stratified direct on mineral ground, as can be seen from the Makoke case, this has been caused by separate peat bogs who, from different depths, during their growth upwards have united into a single peat complex. One can distinctly see from the profiles that this has happened at a late period when the vegetation of each primary peat bog already had been covered by *Sphagnum*. This incident explains the problem as to the difference between the formation of earlier and later peat bogs thus that the influence of *Spagnum* has made itself more strongly felt later on.

Before I leave the analysis of this question as to the area of the ocean type, I wish to refer to the characteristic location of the peat bogs on the St. Lawrence river bank. As can be seen from the picture, the peat bogs there are located behind the big and high bank in such a way that the peat deposit lies on the valley-slope nearest to the river. (Fig. 2.)

The microscopic examinations indicate that the primary formation of peat bogs have started from high above, from the upper parts of the same slope, proceeding downwards towards the bottom of the valley. The bottom of the peat bogs consists of clay, quite soft at some places, and the *Carex* peat kinds suggest that the peat bogs have originated by following the surface of the receding water, or, what may be still more probable, the water causing the formation of peat bogs derives its origin from the sea that had retreated to the other side of the bank, when the water retreated through the soft and brittle sandbank to the valley, causing the formation of peat bogs just on the valley-slope nearest to the river. In some cases it is very probable that lakes of a considerable size have remained in the valley behind this bank, and when the water-level of these lakes dropped, then the peat bog formations on the coasts began to spread until they finally covered the whole bottom of the valley.

All those cases which I was able to examine in the area of the continental type suggest that the clay material on the bottom of the peat bogs originates, at least that of the latest phase, from the clay-sedimentation of the bigger lakes. The big Alfred peat bog, for instance, is very remarkable in this respect. Its bottom consists of clay which for the most part is quite watery or plastic, and whose surface only occasionally has dried up into a thin crust where grass-herb forest has begun to grow. Else the bottom-water, very abundant in the said area, has taken care of the formation of peat bogs. There is a harder clay at the bottom of Large tea Field, and there *Carex* peat has continued from the bottom right up to the surface. At the bottom of the Welland peat bog there is a hard and unmistakable lake-clay in whose depressions lakes have been formed, and elsewhere there has appeared grass-herb forest, though it has later on become boggy.

Finally, with regard to transition forms such as those of Perth and Newington, even they consist of clay, though the drying up of lakes has had a deciding influence already in the sense that the other areas, not having any limnistic strata in the same peat bog, have become boggy as a result of the rising of the water-level of the lakes, as is also demonstrated by the profiles, and as I will prove later on.

A further examination of the Blackwater peat bog, where there is a grass-herb peat-deposit right on top of the limnistic layer, and where a river at present is running, shows that the peat bog has originated from a few separate lakes, dating back to the beginning of the postglacial period, and where a thick grass-herb forest spread after the lakes had dried up. Small brooks united the whole section into one and the same water-system, and in this flooded area a thick

grass-herb wilderness was quickly transformed into peat. The different areas finally united into a peat bog, through which a river now is running. Here is thus a question of a mutual peat bog formation by flooded land and the drying up of lakes.

Under these circumstances we come to the following conclusions:

In the area of the ocean type the principal method of peat bog formation has been that of dry land turning into peat bog, however, in such a way that its character has always been a different one from the present. The filling up of lakes has been the principal cause of the formation of peat bogs in the area of the continental type.

The transformation of dry land into peat bog should here be conceived in a broad sense, including the direct transformation into peat bog of land exposed by the recess of the shore-line of the sea or that of a lake, and by the formation of *Sphagnum* peat bog at the later postglacial period, at present still continuing in the area of the ocean type, but to a very small degree in the area of the continental type.

With regard to the drying up of lakes, it might further be mentioned that the earlier vegetation of the postglacial period has been richer than types growing at the same places to-day. As it appears from the list of the ancient vegetation there are species which one no longer finds growing in the same regions. It also appears from the investigations that the importance of *Amblystegium* has been greater at earlier periods than at present when the importance of *Sphagnum* is particularly noticeable. The influence of *Sphagnum* was formerly quite insignificant. In the ocean area the *Carex* vegetation and *Typha* were very common, whereas the drying up of lakes in the area of the continental type has taken place by the aid of the terrestrial type thus that grass-herb forest has spread itself directly into the limnistic layers. These kinds of dried up lake forms are at present far from common in southeastern Canada.

VII. THE GENERAL DEVELOPMENT OF PEAT BOGS IN STRATIGRAPHIC LIGHT.

Already in my description of structure types the stratigraphic development of peat bogs was touched upon, particularly in connection with the differences between the continental and the ocean type.

Starting with the oldest phases, the development has been somewhat different after the filling up of lakes, and after dry lands have become boggy. Already in the limnistic strata a distinct regularity can be found, according to which an expansion of the water surface has occurred at the time of the existence of the ancient lakes, particularly in such cases where lakes have filled up slowly, and, probably on account of the size of the lakes, only done so at a later period. For instance, with regard to the Newington and Perth peat bogs, it has been proved that the expansion of their limnistic strata has been considerable. In the former case there exists behind the embankment a shell-accumulation, proving that the water has been low at its primary stage, but on the top of same there is a jelly-like limnistic layer which has expanded very extensively, whilst an accumulation has remained underneath; in the latter case a limnistic layer has transgressed on top of the *Carex* peat.

In case the lakes have filled up early, then there is a new limnistic layer on top of the peat of the filled up lakes. Especially in the Caribou peat bog this is quite clearly demonstrated, and also in other cases there are sediments of small lakes on top of the peat of the filled up lakes as signs of new lake phases. In the area of the ocean type there is a new secondary lake phase on top of the *Carex* peat, but in the area of the continental type one often finds a terrestrial peat of grass-herb forest on top of the limnistic layers, and there a new lake has established itself with its own sediments. In the area of the ocean type, besides Caribou, there might also be mentioned Makoke together with some other here unmentioned and unpublished cases. In the Clyde River profile of the ocean area the filling up of lakes has taken place by the assistance of pure *Sphagnum* down below on the extreme right, and a more damp phase can be noticed as a transgression of *Carex* peat on top of the *Sphagnum* peat. The filling up of secondary lakes has in most cases been caused either by *Carex*, especially in the area of the continental type, or, especially in the area of the ocean type, by *Sphagnum*.

The development of the peat bogs of the ocean type has thereafter become regular, as *Sphagnum* has taken supremacy and formed peat-deposits right to the surface. In their strata sequence one is, however,

able to note a distinct drying-horizon where the peat is very decayed and where there is plenty of stubs. But the peat development has in many cases been remarkably homogeneous right up to the surface. In the area of the ocean type, particularly in Nova Scotia, there is a peat bog type in which the *Sphagnum* peat primarily has been decayed, as demonstrated by the Makoke incident.

In the peat bogs of the continental type the supremacy has all the time been held by *Carex* peat though, for instance, in the Alfred case there is on top of the bottom layer another layer rich on *Amblystegium*, followed in turn by a pure *Carex* peat with a distinct gathering of stubs. There is *Sphagnum* on top, here and there, but particularly in the northern part of the peat bog, rather thick and, partly due to the influence of draining, spreading itself southwards. The profile of Large tea Field shows clear regularity in so far as the *Carex* peat is decayed on the bottom, rawer higher up, and decayed again on the surface, though this is at least partly due to drying.

In the Perth profiles of the area of the intermediate type one is able to prove an expansion of the limnistic layer which has been overgrown with the assistance of *Carex* peat. On the edges of the brook running right trough it a grass-herb forest has been formed, the peat of which is partly found on top of the limnistic layers, and from which can be seen that the present grass-herb forest, bordering the brook which is running through the peat bog, is a continuation of this primary type of forest. The water surface of the present brook has in that case continued from the surface of the former lake, as is proved by the consistency of the limnistic layer. The *Spagnum* layer has been formed at once after the *Carex* peat has finished its work. *Carex* peat has in the Newington case started to extend itself across the expanded lake, unable, however, to cover the big lake, but this has finally been carried out by *Sphagnum* peat, which work has only recently been concluded. The surface layer in the centre of the peat bog is still so thin that it rocks when one is walking there.

It appears from the above that in the post-glacial development of the peat bogs one can prove a lake phase of low water which has either extended or which has formed itself into a new lake whilst being overgrown, and this new lake has finally been overgrown. Its further development appears either as a distinct or indistinct filling up, and this is proved by the stubs and decayed peat-layers, or else there is a question of overgrowing, should

this not earlier have taken place. On the peat bog surface of many secondary lakes, as is the case with the peat bogs of Caribou, Clyde River, and many others, there are at present signs of a damp period, but on the other hand also a big drying process can be proved with regard to the surface vegetation of the present peat bogs.

As a mutual feature to all the above groups might be mentioned that the stub-layer has been formed on top of the *Carex* bottom layer, and in connection with same and *Sphagnum*-a feature which at the present time finds its equivalent when a *Carex* peat bog is covered by *Sphagnum*.

VIII. THE FORMS OF PEAT BOGS.

As a result of the foregoing account of the development of peat bogs we get the definite form of peat bogs.

The peat bogs may briefly be divided into three main groups: those whose surface strictly conform to the topography of the bottom ground, those whose surface, independently of the bottom, is more or less horizontal, and those with a convex surface.

To the first group belong all the young peat formations in the continental as well as in the ocean type area, and some very extensive *Sphagnum* peat bogs, as, for instance, the Eal peat bog, whose peat layer is comparatively thin in comparison with the vastness of the peat bog. To the second group belong the *Carex* peat bogs of the continental area and the intermediate forms of the two type-areas, as is the case with Perth and Newington, and to the third group belong all the characteristic peat bogs of the ocean area. Thus it is evident that the reasons for this form-classification are to be found in the peat-kinds and in structure-types. Indeed, the peat bogs of the two first groups are *Carex* peat bogs, and those of the third group are *Sphagnum* peat bogs.

The convex character of the *Sphagnum* peat bogs is particularly noteworthy, and some of its features deserve to be dealt with.

Some characteristic types can be noted already from the profiles affixed to the previous investigations. The Shippigan peat bog and Riviere Ouelle are examples of types where a cake-like peat formation

has sprung up on an almost level ground, this being also partly the case with Isle Verte. Escuminac and Caribou are examples of such cases where a convex peat bog has been formed on a more or less concave ground, and St. Arsene shows a case where a peat bog generally conforms to the shape of the bottom, being however convex in all directions.

As a feature particularly applying to the surface of the peat bog we might still mention such a type whose surface is quite even with its sloping borders, and another with numerous globe-like forms arranged in layers on top of one another on the surface of the peat bog. The former one is represented by Clyde River peat bog, and the latter, amongst others, by Caribou and Escuminac.

According to examinations of peat bogs at various stages of development, the convex nature of the peat bogs is due to the fact that when *Sphagnum* begins to shape into regular peat strata the peat bog swells out a little in the centre, and this swelling process is continued during the whole time the peat bog takes to develop until it has attained quite a convex surface. This development of *Sphagnum* can here be noted quite plainly, as there have been no filling or other changes worth speaking of with regard to the layers of the peat bogs, but the continuous moss growth has been free to comply with all the factors causing this convex shape. Here it might be added that peat bogs which have been formed on a level ground are more likely to obtain a convex shape than those that have developed on a steep shore.

Looking for the causes to this kind of shape of peat bogs, so much written about in the literature and about which I particularly refer to NICHOLS's¹⁾ investigation on Cape Breton Island, we find that the *Sphagnum* development, deciding the shape of peat bogs, is influenced by the humidity-changes, and thus by the general water-economy of peat bogs. That the meteoric water falling on the peat bog surface, as well as the air moisture in general, take care of the growth of *Sphagnums* is proved by the fact that a peat bog, having already at an early stage commenced to develop a convex shape, only still more continues the same development of its convex shape. This also explains why peat bogs of this type are situated in the area of the ocean climate.

It is well known that the water-drawing capability of *Sphagnums* is exceedingly big, the peat bog being able to receive enormous amounts of rain-water, and keeping it for a long time. The result is, of course,

¹⁾ Op. cit.

a still more powerful moss growth whose swiftness depends upon where the different species are situated as well as upon the quantity and kind of the rain-water received. Certain parts of the peat bog rise high above the surface of the bottom-water. A draining sets in, and the spaces between the drier parts commence to grow quickly, rising in their turn higher than the former which again become moist. In this way the development continues, resulting in a regeneration peat of many-coloured peat-stripes in the profile of the peat bog.

From the surface of the peat bog the water is partly penetrating into the moss-cover and the peat whilst the surplus amount is either on or below the surface of the peat bog running away to the lower parts, there forming secondary lakes and, grouping themselves strictly in accordance with the surface morphology of the peat bog. The lakes are thus establishing themselves either on the borders of the peat bogs or, as in the Caribou case, round the highest top-part of the bog, observing the direction of the height-curves. Big lake-complexes are less frequently gathering at the borders of the peat bogs, and it is easier for the water to run entirely away from there. The lakes of the peat bogs are thus manifestation forms of the peat bog's water-economy, and thus also in a way reserves for the peat bog's needs of water. By means of capillarity the water may reach also those parts that are situated higher up in the same proportion as it is evaporating from there.

But the water is just as often running away along the surface of the peat bog, and then small brooks spring into existence which during droughty seasons are dry, or else the water disappears into the composition of the more moist moss associations on the borders. Very often does the water penetrate into the borders of the cupola-like top-part, breaking through the borders of the peat bog in which the moss vegetation is destroyed, and the peat-moss continues its development to the lower parts. The water may also gather on the bottom of the peat bog, or on top of the decayed and compact layers of the bog's peat strata, stagnating there or running away, all according to its opportunities. As an example of this kind we might mention the Clair peat bog where a compact, decayed peat underneath the raw *Sphagnum* has prevented the water from running away, and has led to a very intense formation of secondary ponds on the surface of the peat bog. The intermediate areas consist of dry spruce forest bogs.

As an especially illustrative example of what water, bursting out from the inner of the peat bog and penetrating into the lower parts, may achieve, we might mention that the borders of the Isle Verte

and St. Arsene as well as the Caribou peat bogs have been broken without the assistance of any moss vegetation. The result of this is evident without any further explanation. For when the moss growth has stopped on the borders, and if only the water supply is sufficient, then the growth of the peat bog becomes comparatively large in the centre, and the surface becomes still more convex. A change in the water economy of this kind also leads to a development of a very clear border-slope. Thus we are here dealing with a case where the peat

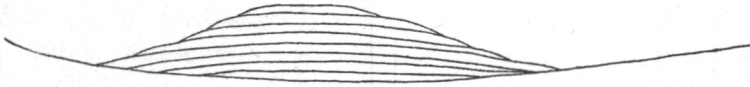


Fig. 3.

bog is growing centripetally, and in such a way that the upward growth is stopped on the borders, and concentrated only on the centre of the peat bog.

But it happens just as often that the upward growth of the peat bog takes place evenly along the surface of the whole peat bog, when *Sphagnum* is progressing also on the borders and causes a transgression of the peat bog. The former case is illustrated by fig. 3, and the latter by fig. 4.

A heavy rain-fall does, however, not always lead to a rapid growth of the peat bog, but may have even quite a contrary effect. In such cases when the rain-fall suddenly becomes too heavy, causing big



Fig. 4.

amounts of water to run away from the peat bog, the water may dig itself a clear channel either on or beneath the surface of the peat bog, and, consequently, the water of the peat bog is generally drifting away during the whole growth-period, whereby a natural draining of the peat bog takes place. And it might further be mentioned that a dry period may indirectly have the same result, and also lead to the formation of secondary ponds. Indeed, when the surface of the peat bog is drying up to such an extent that the moss dies out, a sudden rain, which the mossless surface of the peat bog is unable to benefit by, may flow away from the surface, gathering in depressions and flat areas, and there forming ponds. If the height-growth or the amount of the moss on the peat bogs is not sufficient to maintain the

flowing water on the surface, a dry period generally leads to a certain concentration and formation of secondary ponds.

If it is further added that the big forest fires in Canada may entirely destroy the surface of a dry peat bog, then we are able to understand why, after big forest fires, special morphological features of development may appear in many places on the peat bogs. The fires may also lead to the formation of ponds, and they generally cause the dry and moist parts of the peat bogs to separate more distinctly from one another.

Another important feature may still be mentioned. As the final result of their progressive development some of the peat bogs in the investigated area have a dry moor-period when they are covered with lichens on which a brushwood vegetation is flourishing (*KALMIA*). During this period the surface of the peat bog ceases to grow in height on that place, but the borders continue their growth, finally reaching

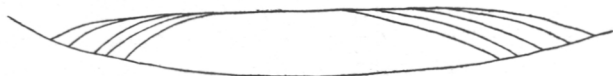


Fig. 5.

a higher level than the surface of the peat bog. Thus the even surface of the peat bog is extending itself, and many level surfaces of *Sphagnum* bogs have evidently started just in this way, as demonstrated by the Escuminac case, where a development of this kind is just taking place. Thus the development of peat bogs are in many instances proceeding periodically. This development is shown by fig. 5.

With regard to the features and development of the present surface of peat bogs in general it might be pointed out that particularly in the continental part of the ocean type, or thus applying to peat bogs somewhat outside the influence of the ocean, a drying-up process is the general feature. This is revealed in such a way that the peat bogs nowadays are covered by a very thick forest, or else the peat-forming process has in many places been stopped by a mossless lichen-moor in which one is able to notice feeble attempts at peat bog formations by the assistance of *Sphagnum acutifolium*.

The transformation of the peat bog surface into a convex shape is a distinct feature of all the ocean types, and the *Sphagnum* growth is fastest in the vicinity of the sea where an uninterrupted development is noticeable. Farther inland a periodical development of the peat bogs becomes a more common feature, and a

level surface of the peat bogs with sloping borders is more characteristic. This is also in keeping with the fact that the development of the peat bogs has been less interrupted on the coast, consequently they are there more homogeneous than farther inland.

IX. THE STRATIGRAPHY OF PEAT BOGS AND THE POSTGLACIAL PERIOD.

It appears from what has been previously stated that the material gathered from southeastern Canada shows three climatic types in a stratigraphic as well as in a morphological respect, and it might be added that also the plant-topographic observations show the same regularity.

Climatic factors have thus influenced the nature of the peat bogs during the whole time of their formation, turning out different climatic types. The stratigraphy of the peat bogs might thus partly symbolize the changes that have occurred in the climate, as the vegetation is extremely sensitive with regard to climatic factors. When there is a question of a pure ocean type in contrast to a continental type one can expect that the eventual climatic changes of the postglacial period will show themselves in the structure of individual peat bogs of both types as well as in the area of the type representing the type of the intermediate form as regional oscillations of both areas.

The changes in the climate of the postglacial period, such as they appear according to European methods, can be certified as reciprocal changes of the more hygrophile and xerophile peat types and kinds in the strata of the peat bogs. Of course, this does not imply that, for instance, a certain climatic period would require the same peat kinds; only in so far as the damp and dry, or hot and cold, periods succeed one another, do they appear as characteristic changes of the moisture of the two stratigraphic types in proportion to their different kinds of peat deposit. The originally damp *Carex* peat type may thus during a more wet period change into an *Amblystegium* type, and *Sphagnum* in a peat bog may, under similar conditions, instead of the original *Sphagnum*s, change into *Sphagnum* associations favouring a bigger amount of moisture, etc.

Besides in the alternation of more dry and more damp kinds of peat deposit, eventual changes in the climate also reveal themselves in the composition of the flora, this becoming obvious with the assi-

stance of either megascopic or microscopic investigations. Still, many mechanic-morphologic features are characteristic of different forms of climate, and may be their indicators. As also the local factors, due to general geomorphologic circumstances, may be the cause of types of more damp and more dry periods, it is thus safest to resort to all kinds of evidences for the solving of such problems. For instance, the height-growth of the surface of the peat bogs, from below to above the borders, may result in the surface drying up, and waters often commence, in a secondary way, to flow to the peat bog from elsewhere, resulting in a drenching of the peat bog. In order that a real ground thus may be obtained for proving climatic changes one must take into consideration the regional character of the climatic indicators and moisture changes of the climate.

The subfossil flora is in many ways a very important indicator of climatic changes, and in this respect the results achieved in south-eastern Canada show clear regularities. Throughout the whole area one is able to prove how a very rich flora is found in the oldest species of peat deposits, their composition of different species proving that the influence of the so-called »southern» kinds is considerable. Thus the *Myriophyllum* (near) *scabratum*, at the present time growing in Arkansas and Missouri and found in the Hick and Canaan peat bogs of New Brunswick, testifies that the conditions for the appearance of southern plants of this kind have been favourable even in these northern regions, and the abundant appearance of *Naias flexilis* and *Ceratophyllum demersum*, leaving out numerous others, speak for the same fact. As has already previously been stated, there is a distinct difference between the primitive and later periods of the peat bogs with regard to types that have been overgrown. The earlier overgrown vegetations hint at more southern types and, besides, even the character of the sediments of ancient lakes proves the conditions of that time to have been quite different from what they are now, as the character of the sediments is that of a more southern type.

We are now in a position to take a short retrospect of the regularities as they appear in the microscopic pollen diagrams. Perhaps the most noticeable feature is to be found in the curves of spruce-trees and *Abies*. We find regularly in all the diagrams that their curves are on a maximum level whence they soon descend into minimum, slowly again rising into a new maximum in the times after the postglacial period. In the curve of the fir-trees it is generally descending during the postglacial period. With regard to the appearance of precious foliage trees and grove plants generally, their appearance, according to their grades, must have been abundant at earlier periods, decreasing

in younger layers. It might further be mentioned that the curve of *Tsuga* and precious foliage trees has got a similar course, as appears from the diagrams.

The investigations throwing light upon the ancient vegetation thus prove the existence of a distinct regional regularity, obviously indicating climatic influences.

After this we are examining how far the stratigraphy of the peat bogs can produce distinct regional regularities in the interchanges of damp and dry layers.

As previously stated, the character of the sediments of the ancient lakes indicates a more southern feature throughout the whole area by each climatic type of the present day revealing itself in its own way. Upon the ancient lake stage has followed a stage of overgrowth, either by the assistance of *Carex* peat in the ocean area, or by the assistance of terrestrial peat in the area of the continental type. Consequently, we arrive at the general rule that primary lakes have expanded or, where they have been earlier overgrown, there has followed a new secondary lake stage as an indication of a more damp stage. Even after they have been finally overgrown one is able to notice a distinct regularity, demonstrated by the fact that the peat bogs soon hereafter have been under the influence of a dry period, sub-layers or a decayed peat kind bearing witness to this effect. The last stage one can notice in the peat bog shows a distinct damp influence.

Even the stratigraphy of the peat bogs thus proves distinct interchanges of regional dampness, all going in the same direction, and obviously due to climatic factors, this particularly applying to *Sphagnum* peat bogs whose water-economy is principally due to meteoric water.

After it has thus been proved that, throughout the whole investigated area, the same regularities have existed with regard to the general development of the peat bogs, one may want to know how far it can be definitely proved that they are dependent on climatic factors.

It is a well known fact that the climatic influences are regional, but, before all, their synchronism has also got to be proved. As we then require a chronologic base for our treatment of the whole development of the peat bogs, we can either start from older times up to the present one, or from the present time backwards. The solving of this problem is rendered more difficult, firstly, as there in Canada are no facts about the archaeologic period to go by, and, secondly, as there

still exist such strong differences of opinion about the interpretation of the time following upon the ice period, especially from a chronological point of view. For, in this respect, it is not enough to know exactly the time it took for the ice to melt, explained in ANTEV's¹⁾ excellent investigations, but one must also take into consideration that there were big changes in the surfaces of the lakes and the sea during the postglacial period. Especially the last fact is here of greatest importance, as the peat bogs in many cases have stratified on the clay deposits that came into existence during the time of these different lake and sea stages. Consequently, as the investigations for some time to come still lead to more or less different results, there is reason to examine in what way a peat-geologic investigation is able to throw light upon the chronology of the postglacial period. And before we commence to solve the question as to the absolute chronology of the layers of the peat bogs, we must at first examine how far their relative chronology is able to clear up this question.

As the peat's thickness, according to the latest peat geologic opinions, generally is held to be an uncertain indicator of the age of the peat bogs, a fact definitely proved by the investigations, the only remaining way to do it is by means of quantitative pollen investigation and its methods. Investigations carried out in Europe have proved that a so-called connection can be carried out with the aid of pollen curves, i. e., to compare horizons of the same age with one another according to the direction of the curves' progress. Here it might be pointed out at once that the quantitative investigations carried out in Canada have proved the existence of a very strong local influence, for instance, pollen investigations carried out in two neighbouring peat bogs differ considerably from one another, indicating a different kind of composition of trees from the vicinity of the different peat bogs. As has already been pointed out, regularities can only be proved in a general sense.

One is thus able to carry out connections of the curves of, for instance, *Picea*, *Abies*, and partly of precious foliage trees and *Tsuga*.

But, to my mind, just these big regularities give in a way the very best support to the connection, proving that, though the composition of tree-species changed at each place, the general qualities have yet become visible. First of all should be mentioned the pollen limits of the tree-species, showing the time when the said species

¹⁾ ERNST ANTEVS, Retreat of The Last Ice-sheet in Eastern Canada. Geol. Survey, Memoir 146. Ottawa 1925.

arrived on the spot. For instance, the limit of *Tsuga* is very evident. When drawing up chronologic comparisons, based upon the limit of the tree-species, one must, however, remember that the pollen limit in the layers of the peat bogs is of different age, at least with regard to the more extensive areas, and the age difference depends on the speed of the progress of the tree-species. As the investigation areas comprise the peat bogs lying in a west—eastern direction, or the same direction as the limit of the tree-kinds in general also have taken, the difference can not be a very big one. When the curves, on the contrary, as a rule show regularities throughout the whole area, the most likely assumption is that the connection thus conceived is correct, and also able to prove regional or, in other words, climatic influences.

The abundance of fir-trees and *Abies* in the bottom layers of peat bogs indicate a more continental influence, generally characteristic of fir-trees. As this maximum of fir-trees appears very clearly also in the area of the ocean type, it is evident that, as the damp influence of the ocean has always been considerable, there might be the question of the influence of a high temperature.

This maximum can be noticed in all cases where lakes have been overgrown and dry land has turned into bogs with the assistance of *Carex* peat kinds, indicating that the peat bogs generally derive their origin from about the same time. As the water surface of the ancient lakes extends into a new secondary stage instead of the overgrown lakes, the curve of the fir-trees and *Abies* commences rapidly to descend, and precious foliage trees and other pretentious plant species begin to increase. Here it should be mentioned that the maximum of *Tsuga* shows itself in the upper parts or above the somewhat secondarily originated lake-layers, indicating that the composition of tree-species is, which is but quite natural, somewhat delayed and appears during the end or after the damp period. According to the pollen diagrams, the secondary lake stage is of the same age in the various parts of the investigated area. Further, it appears quite clearly that also the next stage of lakes having dried up is of the same age, and that this is also the case with the following damp period is proved by the ascent of the curve for fir-trees, and the descent of the curve for more pretentious plant species.

The above results thus prove that the changes of damp and more dry layers have been synchronous throughout the whole investigated area. The fact that they are also regional throughout the whole area gives sup-

port to the assumption that they are due to climatic causes.

The development of the peat bogs thus being due to climatic factors, and having obeyed the same laws for each area with its own features, there is reason to give a short account of the synchronous development of some of the more distinct cases in the light of plant-paleontologic results.

In the area of the ocean type the Caribou case is the most instructive. One is able to distinguish lake-sediments, evidently formed during drier periods, and in which the curve of fir-trees is at a maximum. This stage corresponds by a transition type in the Newington case to the shallow water stage when a mussel-marl was formed behind the embankment, and in the Perth case to the shallow water stage when *Carex* peat was advancing. On loose ground in the Alfred peat bog of the continental type area there was growing, amongst moist relics, a magnificent forest of foliage trees. The Caribou lake was overgrown at this stage, and soon afterwards a new secondary lake was extending itself above the *Carex* peat. The same stage corresponds to the expansion of the water-level of Newington over the mussel-accumulation, and in the Perth case by the water transgression above the *Carex* peat. In the Alfred peat bog one finds a strong *Amblystegium* influence in a continuous layer right through the whole peat bog. At this time the influence of spruce is decreasing on account of an abundant arrival of foliage trees, and immediately after this stage one finds a big increase of *Tsuga*. As the present spread of *Tsuga* is more of an ocean kind, it is but natural that the damp period should reflect itself in the abundance of just this tree-kind. But the composition of a forest is changing very slowly, hence the influence of this period shows itself only on top of these layers. During a damp period water transgresses Caribou in such a way that also a secondary lake is formed in the lower part of the profile, the lake according to the pollen investigations belonging to the same period as the bigger secondary lake one finds in the layers of the same peat bog.

Hereafter the lakes are overgrown. This is in Caribou done by *Sphagnum*, in Newington an abundant *Carex* covers a big lake, in Perth likewise by *Carex*, and on the shores of the river running through the peat bog a very thick grass-herb forest is extending itself and forming peat. In many places this period ends with an afforestation of the peat bogs, as is the case with Caribou, Perth, Alfred, St. Arsene, Shippigan, and many others, and all these layers are synchronomous. On account of a change for the worse in the climate, the pretentious foliage trees then commence to decrease, spruce once more gaining

ground. A damp period can thus be noticed in all cases, and particularly when secondary lakes are formed, as, for instance, in the Caribou peat bogs.

When the above general development and its climatic changes are compared with corresponding cases in Europe, it becomes quite evident that the changes have been the same, and, consequently, one is also in Canada in a position to use BLYTT-SERNANDER'S classification for an exposition of the postglacial period's climatic changes.¹⁾ One must, however, take into consideration that the character of the various periods may have been different from that of the corresponding periods in Europe, and that the beginning and end of each period may, perhaps, have been of a slightly different age on each continent.

Thus the earlier dry and warm period corresponds to the boreal period, the then following one the atlantic period, and the thereupon following dry and warm period corresponds to the sub-borealic one,²⁾ and that of the climatic change for the worse to the sub-atlantic one. It might yet be mentioned that the atlantic period appears clearer in Canada than what is often the case in Europe, but the sub-borealic, and particularly the sub-atlantic, periods do not appear there as clearly as what the corresponding periods do on the old continent.

If we now compare the peat's thickness, species and kinds, and the length of their periods, with the thickness of the peat-layers, then, to my mind, there is every reason to suppose that the peat-geologic chronology, as relative as it may be, can be regarded as proving an absolute chronology with regard to the time it has taken the peat bogs to form, and also in this respect corresponding to European conditions. Under these circumstances I feel inclined to think that DE GEER'S³⁾ connection, no matter however uncertain it may be in its details, might be correct in its general features. In no case need the conceptions of DE GEER and ANTEVS⁴⁾ contradict one another with

¹⁾ I would refer to this period some stubs on the sea bottom, for instance, those on the coast of Nova Scotia whose grass-herb forest can show an abundance of different kinds of trees.

²⁾ Comp. ERNST ANTEVS, On the pleistocene history of the Great Basin. Quaternary climates. Publication No. 352 of the Carnegie Institution of Washington, 1925.

³⁾ GERARD DE GEER, On the solar curve as dating the Ice Age, the New York Moraine, and Niagara Falls through the Swedish Timeskale. Geografiska Annaler VIII, Stockholm, 1926.

⁴⁾ ERNST ANTEVS, Sista istäckets försvinnande i Nordamerika. Ymer, p. 283, Stockholm, 1926.

regard to this results, as their differences of opinion concern the later postglacial period and the retrogression of the ice-sheet, not that stage of the postglacial period in the course of which these peat bogs have stratified.

As I have already earlier pointed out, the sub-atlantic period in Canada has, to my mind, already ended, and a somewhat drier period appears, for instance, in the numerous biologic closing stages, as is the case with the afforestation of the peat bogs and the moor stages in the *Sphagnum* peat bogs of the ocean area. This is also indicated by the retrogressive development of the peat bogs in Central Canada. And also this stage will in some respects find its equivalent in Europe.

X. THE ANCIENT FLORA AND VEGETATION.

Within the bounds of the above explanation we are now in a position to deal with the phases of the ancient flora and the regularities supplied by the investigated material. Of course, we are not in a position to give a complete list of the ancient flora of the whole investigated area, as the number of the samples in any case is very small in proportion to the vast area. Besides, it is also impossible to get any proofs of all the plant species, as neither their megascopic nor their microscopic remains can be substantiated. Consequently, a general weakness of a plant paleontologic investigation is that an exposition of the vegetation is always met with obstacles, and the only way to gain some kind of a result is to draw conclusions, based upon certain characteristic species, about the composition of the whole vegetation. In this connection it might be mentioned, however, that for an exposition of the ancient vegetation and flora there are no other methods than the said plant paleontologic one. Of such plant species, whose microscopic remains one is not able to define, at least not with any bigger certainty, and of which no megascopic remains have been found, might be mentioned, among others, *Thuja*, *Larix*, *Acer* species, who, however, occupy such a very important place in the present composition of plant species in Canada.

Among others, the following subfossils deserve to be mentioned:

Adicea pumila L., *Alisma*, *Alnus incana* WILLD., *Asclepias*, *Batrachium trichophyllum* CHAIX., *Betula*, *Bidens*, *Boehmeria cylindrica* L., *Brasenia schreberi* GMEL., *Carex*, *Castalia odorata* AIT., *Cephalantus occidentalis* L., *Ceratophyllum demersum* L., *Chenopodium*, *Cicuta virosa*, *Cladium mariscoides* TORR., *Cornus amomum* MILL., *Cornus*

circinata L'HER, *Cornus stolonifera* MICHX., *Cyperus*, *Decodon verticillatus* L., *Eleocharis obtusa* SCHULTES., *Gaultheria procumbens* L., *Impatiens*, *Lycopus americanus* GR., *Menyanthes trifoliata* L., *Myriophyllum* near *scabratum*, *Naias flexilis* ROSTK. & SCHMIDT, *Nymphaea advena* SOL., *Picea*, *Polygonum hydropiperoides* MX., *Potamogeton amplifolius* TUCK., *P. foliosus* RAF., *P. spirillus* TUCK., *P. zosterifolius* SCHUM., *P. pusillus* L., *Potentilla*, *Proserpinaca palustris* L., *Prunus*, *Quercus*, *Ranunculus delphinifolius* TORR., *Rhynchospora*, *Rhus*, *Rosa*, *Rubus*, *Scirpus fluvialis* TORR., *S. microcarpus* PRESL., *S. lacustris* L., *S. americanus* PERS., *Sagittaria latifolia* WILLD., *Sparganium*, *Tsuga canadensis* L., *Vaccinium*, *Viola*.

In addition to these, seeds have been found from the plants of the following families: *Compositae*, *Saxifragaceae*, *Scrophulariaceae*, *Umbelliferae*.

Microscopic remains have been found also of the following plants:

Abies, *Alnus*, *Betula*, *Carpinus*, *Carya*, *Corylus* or *Ostrya*, *Fagus*, *Ilex*, *Juglans*, *Magnolia*, *Picea*, *Pinus*, *Platanus*, *Quercus*, *Salix*, *Tilia*, *Tsuga*, *Typha*, *Ulmus*, and remains of many others, for instance, of the plants of *Polypodiaceae*, *Chenopodiaceae*, and *Ericaceae* families. One might further come across leaf-thorns of *Ceratophyllum*, and cellular tissue of many other plants, as, for instance, of *Scirpus*.

Carpinus, *Carya*, and many other plant species have been left out from the pollen diagrams as their existence is not always quite certain, and their number also being very small, with the exception of *Carya* which in certain places is very abundant, particularly in the area of the continental type.

The investigations into the ancient flora have shown the following regularities with regard to the spread of plant species: In the oldest peat bog layers there is a comparatively poor flora, and the pollen amount of spruce-trees is especially big, thereafter the pollen amount of trees, particularly that of precious foliage trees, is a very high one right up to the end of the subboreal period, whereupon the pollen amount of precious foliage trees is decreasing.

Many species, for instance, *Myriophyllum scabratum*, *Ceratophyllum demersum*, *Magnolia*, *Naias flexilis*, and others, show a more ample spread, and extending farther North.

The appearance of subfossils proves further that the ocean, continental, and intermediate

types have each got their own, though not very distinct, regularities. Local factors have had a strong influence over the appearance of individual plant species and floras, as a rule indicating the same laws as those applying to the present time, i. e., there exists a richer vegetation on more fertile soil than on a more meagre soil.

And before all, it must be pointed out that the climatic interchanges of the postglacial period have in a powerful way influenced the appearance of plant species and their distribution.

During the period following upon the ice-period there have evidently been the same phases in the history of vegetation as what was the case in Europe, when the ice-period was followed by a short tundra-period, and the latter by a subalp-period, which in narrow belts followed after the receding continental glacier. Exceptionally favourable conditions have, however, caused the vegetation to spread in great numbers and rapidly, as also proved by the diagrams. Taking into consideration that the warm period of the postglacial time has been a long and a very substantial one, it is difficult to decide to what extent the northern plant associations, now appearing farther South, can be regarded as relics from the phase when the ice was receding, or from the shortly thereupon following time. To the former might be counted the boreal, atlantic, and subboreal periods. But, on the other hand, it is not impossible to suppose that many of the northern grass-herb forest types with their characteristic plant species are relics of the warm period, having remained at their present places on account of these being favourable for their growth.

It appears further from the pollen diagrams that some of the trees have got regular pollen boundaries, and pollen does not appear at all in the peat bog below that boundary. Amongst these might particularly be mentioned *Tsuga Canadensis* which, in this respect, thus may serve as a very important relative indicator of the postglacial period, or even as an absolute indicator of the period if the formula of the climatic interchanges proves itself to be quite correct, or the same as in Europe. The migration of the trees has

taken place in groups, by and by, it being impossible to state the exact order. It appears, however, that the oldest layers of the investigated peat bogs principally contain *Pinus* and *Picea*, as well as *Abies* and *Betula* in abundance, thereafter have *Ulmus*, *Corylus* or *Ostrya*, *Alnus*, *Carya* and *Quercus* arrived in southeastern Canada, thereafter *Tsuga*, *Tilia*, *Juglans*, and only later on *Fagus* and *Ilex* whose exact frontiers are difficult to prove on account of the small amount of pollen that has been found.

The migration of plant species has largely taken place from South to North, on a broad front, and in such a way that the ocean species have preferred the areas under the sea influence. Ocean sea-coast species may, during the time of the wider sea-phase, have taken a more extensive spread. Sea-coast relics have also been found inland whither they, at the time, have spread partly by following the sea-coast and the outflow of the channels of the big lakes into the sea. The elevation of land and the alterations due to same have, afterwards, in a hydrographic as well as a geographic sense, exercised a deciding influence upon the distribution of the vegetation. The whole sale spread of plant species is so much easier to understand when one takes into consideration that there were, during the time of the ice-period, ice-free regions in the area of the continental glacier. Their influence upon the distribution of the plant species have been notable.

AN EXPLANATION OF THE APPENDIXES.

With regard to this exposition of the various peat kinds, the profiles have been selected for the investigation in such a way that pure peat kinds have been marked with special signs, and for mixed peat kinds these signs have been combined. For instance, the combination of crosses with vertical lines denotes mixed *Amblystegium* and *Carex* peat. Different degrees of decay have been marked in such a way that the closer ones indicate decayed peat kinds, and the thinner ones raw peat kinds.

Helsinki, April 1927.

STRATIGRAFISIA JA MORFOLOGISIA TUTKI-
MUKSIA KAAKKOIS-KANADAN SOISTA.

EDELTÄVIÄ TIEDONANTOJA.

SISÄLLYSLUETTELO.

I. Johdanto	35
II. Metodit	36
III. Soiden levinneisyys Kanadassa	38
IV. Suomaalajit	39
V. Stratigrafiset tyypit	41
VI. Soiden synty stratigrafian valossa	43
VII. Soiden yleinen kehitys stratigrafian valossa	47
VIII. Soiden muodot	49
IX. Soiden stratigrafia ja postglasiaaliaika	53
X. Muinainen kasvisto ja kasvillisuus	59
Liitteiden selityksiä	62

I. JOHDANTO.

Vuonna 1925 myönsi International Education Board minulle stipendin suotutkimuksia varten Kanadassa, jonne matkustin seuraavan vuoden keväänä ollakseni valmis aloittamaan hyvissä ajoin kenttätutkimukseni.

Geological Survey of Canada suostui avustamaan tutkimuksiani niin, että sain siellä laboratorion välineineen käytettäväkseni, ja kesällä G. S. kustansi minulle assistentin sekä auton, jotta olisin voinut ulottaa tutkimustoimintani niin laajalle kuin suinkin. Tämä ystävällinen suhtautuminen aiheuttikin sen, että saatoin suorittaa suotutkimuksia niinkin laajoilla alueilla kuin Nova Scotiasta Niagaran putouksille asti (kuva 1). Vaakitseamalla ja kairaamalla tehtiin suoprofiileja, joiden yhteenlaskettu pituus on lähes 50 km; näytteitä otettiin laboratoriokäsittelyä varten noin 600, joista vähän yli 100:n tutkittiin megaskooppisesti subfossiilikasviston selvittämiseksi, muut ovat kokoelmana mikroskooppista tutkimusta varten osittain kriittisten turvelajien selvittämiseksi, osittain kasvilajien siitepölyjen määräämiseksi.

Edellä olevat tutkimukset tullaan julkaisemaan kahtena eri julkaisuna Geological Surveyn sarjoissa. Kun ottaa huomioon, että nimenomaan suostratigrafisia tutkimuksia ei ole toistaiseksi lainkaan Kanadasta julkaistu, on ilmeistä, että saattoi odottaa merkittäviä tuloksia, koska postglasiaaliajan vaiheet, joista ei tähän asti ole paljoakaan tietoja olemassa, siten tulisivat paremmin selvitettyiksi, sitäkin suuremmalla syyllä, kun tämän tutkimuksen yhteydessä oli ollut tilaisuus käyttää suotutkimuksen uusimpia metodeja. Mutta tällaisen tutkimuksen merkitys ei ole vain Kanadan kannalta tärkeä, sillä monet kriittiset, sekä tieteelliset että käytännölliset kysymykset vanhalla manterella vaativat tullakseen oikein tulkituiksi vertauskohtia muualta. Tässä suhteessa on Kanada ollut muillakin aloilla, esim. alkuvuorigeologian ja kvartaärigeologian alalla, tärkeänä vertauskohtana etenkin, kun siellä ilmiöt ovat todettavissa mittakaavaan suurempina kuin esim. Euroopassa.

Kun nimenomaan on kyseessä postglasiaaliaika, on vallon selvää, että ilmaston vaihteluiden selvittely sekä kasvillisuuden historia

ovat sellaisia kysymyksiä, joihin on kiinnitettävä erikoisen suuri huomio. Tähän liittyy tietenkin yleisten morfologisten muotojen ja niiden syiden selvittely. Kun monet etenkin uusimman metodiikan mukaan selviteltävissä olevat kysymykset ovat nimenomaan nykyään erittäin aktualisia, katson olevan paikallaan julkaista jo nyt muutamia edeltäviä tiedonantoja tuloksista, sitäkin suuremmalla syyllä, kun laajan tutkimuksen valmistaminen tulee viemään pitkähkön ajan, koska laboratoriotyöt ovat erittäin suuresti aikaa vieviä.

II. METODIT.

Kenttätutkimuksia suorittaessani minulla oli käytettävissä sovelias punnituskone, jonka sain Geological Surveyltä ja suokaira, Hillerin mallia, jonka toin tullessani Suomesta ja jolla saattoi kairata aina 9 metrin syvyyteen. Kuten profiilit osoittavat, on kairauksia tehty erisuuruisin etäisyyksin, suon pinnan ja pohjan muodon sekä rakenteen mukaan. Kun soiden rakenne on, kuten profiileista selviää, erikoisen homogeeninen ja yksitoikkoinen, ei kairauksia ole tarvinnut jokaisessa profiilissa suorittaa kovin taajaan, mikä on tietysti ollut edullista sikäli, että täten on jäänyt aikaa laajemman yleiskatsauksen saamiseksi. Nimenomaan onkin tällä tutkimuksella tahdottu saada regionaalinen katsaus laajan maan erään osan soiden esiintymiseen, jotta sittemmin olisi helpompi jatkaa spesialitutkimuksilla.

Laboratoriotutkimukset ovat jakaantuneet kahteen osaan, nimittäin megaskooppiseen kasvijätteiden preparoimiseen ja mikroskooppiseen tutkimukseen etupäässä fossiilisten siitepölyjen selvittämiseksi.

Subfossiilikasvillisuuden selvittämiseksi on otettu suuria, koko suokairan kotelon (pituus 30 cm) suuruisia näytteitä, jotka on laboratoriossa käsitelty typpihapolla (HNO_3); sen jälkeen ne on erikoisella huuhtelulaitteella huuhdottu ja niistä on veden avulla preparoitu erilleen subfossiiliset jätteet, kuten siemenet ja lehdet sekä myöskin eräitä molluskeja, joita ei kuitenkaan ole voitu käsitellä hapolla, vaan jotka on preparoitu vain veden avulla. Subfossiilinäytteet on United States Department of Agriculture, Bureau of Biological Survey, erikoisen ystävällisesti ottanut määrätäkseen, ja olen näistä erittäin kiitollinen sekä laitoksen johtajalle että Tri W. L. Mc ATEE'lle, joka on näytteet lähemmin tutkinut ja niissä esiintyvät subfossiilit määrännyt.

Mikroskooppisessa tutkimusmetodiikassa olen käyttänyt menettelyä, jota turvegeologiassa yleisesti käytetään ja joka lyhyesti

esitettyinä on seuraava. Mikroskooppista tutkimusta varten tarkoitetut näytteet otetaan erikoista huolellisuutta noudattaen siten, että kairataan pinnasta alaspäin, ja turve erotetaan kotelon keskustasta niin tarkoin, ettei mikään vaikutus muista kerroksista voi tulla kysymykseen. Laboratoriossa on näytteet ensin keitetty kaliumhydroksidiliuoksessa, KOH, ja sen jälkeen niistä on valmistettu mikroskooppisia preparaatteja, jotka ovat erikoiseksi kokoelmaksi fikseeratut. Kvantitatiivisia siitepölymääräyksiä tehtäessä on aina läpikäyty koko preparaatti 8×8 mm, jolloin useimmiten on tullut lasketuksi useita satoja siitepölyjä kustakin ja niissä tapauksissa, jolloin siitepölykonsentraatio on ollut niin vähäinen, ettei siitepölyhiukkasten lukumäärä ole noussut sataan, on valmistettu ja tutkittu useampia preparaatteja. Kun soiden turvelajikerrokset osoittautuivat erittäin homogeenisiksi ja selviksi, otettiin näytteitä tavallisesti $\frac{1}{2}$ metrin etäisyyksin. Kvantitatiiviset siitepölytutkimukset on yhdistetty profiileittain diagrammoiksi, jossa abskissana on logaritmi ja ordinaattana profiilin syvyys. Logaritmin käyttäminen abskissana on ollut välttämätöntä, jotta olisi voitu saada tilaa lukuisille lajeille, joiden prosenttiluku on pieni.

Kun Kanadassa ei ole aikaisemmin tällaisia tutkimuksia lainkaan suoritettu, tein erikoisen kokoelman reseranttisista siitepölyistä vertailuaineiston saamiseksi, jollainen kokoelma on nyttemmin sekä itselläni että tri G. ERDTMANilla Tukholmassa. Tri ERDTMANin kanssa sain yhdessä läpikäydä muutamia sarjoja, jolloin suoritettiin kontrollitutkimuksia ja sovittiin eräiden kriittillisten siitepölyjen määrittämisestä ja merkinnästä. Näistä olen hänelle suuressa kiitollisuuden velassa.

Se yleinen metodiikka, joka Suomessa on ollut käytännössä soita tutkittaessa, perustuu siihen, muuallakin kannatusta saaneeseen katsantokantaan, että soita on pidettävä erikoisina biologisina ja geologisina muodostumina jo yksistään siitäkin syystä, että on suokasviyhdyskuntia eli soita, joissa on turvetta tuskin lainkaan sekä toisaalta turvemuodostumia, joita kasvitopografian kannalta ei voi soina pitää, koska niissä ei kasva lainkaan turvetta muodostavaa kasvillisuutta. Suot ovat siis biologisessa mielessä turvetta muodostavia kasviyhdyskuntia ja geologisessa suhteessa luonnollisia turvekerrostumia. Mutta kun ottaa huomioon sen, että soiden pintakasvillisuus, samalla kuin se on riippuvainen kasvupaikastaan turpeesta, myös antaa aiheen turpeen kasvulle, on näiden kummankin käsitteen välillä aivan kiinteä syy-yhteys olemassa. Nimenomaan tässä suhteessa on vaikeata tulkita kasvitopografisia kysymyksiä oikein, ellei tunneta soiden varhaisempaa kehityshistoriaa, enempää kuin soiden strati-

grafiakaan voi käydä ymmärrettäväksi, ellei olla selvillä niiden pinnalla tapahtuvista muutoksista. Näin ollen, kun on kyseessä soiden tyyppien selvittely, tahdon tähdentää sitä, että morfologiaa ei voida käsittää ilman stratigrafiaa. Tästä syystä onkin suotutkimuksen metodiikka erikoistunut omintakeiseksi ja itsenäiseksi ja voi niin ollen, etenkin kosketellessaan regionaalisia kysymyksiä, antaa oikean selityksen nykyisiin maantieteellisiin säännöllisyyksiin, ei ainoastaan, mikäli asia koskee soiden esiintymistä, vaan myöskin, kun ovat käsiteltävinä sellaiset laajat kysymykset kuin kasviston esiintyminen ja ilmastollisten suhteiden kehitys. Väilillisesti siis suotutkimus voi palvella monien, m. m. asutus- ja taloudellistenkin kysymysten, selvittelyä.

III. SOIDEN LEVINNEISYYS KANADASSA.

Kanadan soiden tuntemus on vielä erittäin vaillinaista. R. CHALMERSIN raportissa on Kanadan soiden yhteenlasketuksi pinta-alaksi likipitään arvioitu 37,000 neliömailia.

Kuten tunnettua on soiden esiintyminen lähinnä riippuva ilmastosta, edelleen maiden topografiasta sekä pedologisista tekijöistä, ja myöskin maiden geologinen ikä vaikuttaa huomattavasti niiden esiintymiseen sikäli, että jääkauden ja meren alta paljastuneilla alueilla on ollut eri pitkät ajat soiden muodostumiseen.

Kanadan soiden arviointi näiden perusteiden mukaan on erittäin vaikeaa, jopa mahdotontakin, koska soiden levinneisyyttä ei riittävästi vielä tunneta. Kuitenkin voidaan ilmaston vaikutus suurin piirtein todeta, koska soita on nimenomaan humidisen ilmastovyöhykkeen alueella, kuten muuallakin maapallolla. Eräiden tietojen mukaan on myöskin Kalliovuorten länsi-puolella etenkin Tyynen valtameren lähistöllä runsaasti soita, vieläpä sellaisiakin, jotka vastaavat eurooppalaisia rinnesoita, kaltevalle perustalle muodostuneita. NICHOLSin erittäin huomattavista tutkimuksista selviää soiden levinneisyys Yhdysvalloissa, jossa näkyy myöskin merellinen vaikutus rahkasoiden sijoittumisessa rannikon lähelle. Kanadassa ovat erittäin laajalle levinneet n. k. Muskeg-suot, jotka ovat, mikäli kirjallisuudesta voi päätellä, kontinentaalisia ja etenkin pohjoisia eurooppalaisia soita muistuttavia. FRANCIS J. LEWISIN ja E. S. DOWDINGIN mukaan on Muskeg-soita erittäin runsaasti Etelä-Kanadassa ja Pohjois-Yhdysvalloissa, mutta ne kaipaavat tarkempaa selvittelyä. Edellä mainitut tutkijat huomauttavat erittäin tärkeästä piirteestä, jonka mukaan soiden esiintyminen on läheisessä riippuvaisuussuhteessa moreenin esiintymiseen.

IV. SUOMAALAJIT.

LIMNISET SUOMAALAJIT.

Tutkimusalueen yleisimmät suomaalajit ovat seuraavat.

Anorgaanisella liejulla käsitän sinistä tai harmaata, joskus ruskeahtavaa tai kellertävää, amorfista ja sitkeätä, enimmäkseen anorgaanista ainesta, joka yläosissaan kerrostumissa ollen voi sisältää planktonia. Eräissä tapauksissa on tätä ainesta vaikeata erottaa alla olevasta savesta, etenkin kun viimeksi mainittu on sitkeätä ja vetistä.

Anorgaaninen amorfinen lieju esiintyy joko saviliejuna, planktonliejuna tai detritus-liejuna. Tämä liejukerros ei useinkaan ole paksu, ja edellä esitetyt lajit osoittavat monesti saman järven eri kehitystasteita.

Organogeeninen lieju sisältää pääasiassa orgaanisia jätteitä ja piikuorisia leviä sekä siitepölyhiukkasia. Se on väriltään erittäin vaihtelevaa, tavallisimmin kuitenkin tumman ruskeata ja vihertävää.

Tähän ryhmään kuuluu muudan kalkkiliejulaji, jossa on jätteitä molluskien kuorista. Tätä on tavattu Newingtonin, Perthin, Blackwaterin ja Mer Bleuen profiileissa.

Samoissa soissa esiintyy osittain välittömästi kalkkiliejulle kerrostuneina eräs hyytelömäinen limninen suomaalaji. Kyseessä oleva muodostuma on väriltään ruskeata, ollen joskus, kuten Newingtonin suossa, osittain läpikuultavaa, vaalean ruskeahkoa. Konsistenssiltaan se on selatiinimaista ja rasvamaista ja päättäen siitä, että sen alimmissa osissa viimeksi mainitussa suossa on simpukankuoria, siinä ei voi olla humushappoja. Newingtonissa sitä on tumman ruskeasta ja vihertävästä väristä ja tiiviistä massasta vaaleaan ja vetiseen asti; viimeksi mainittu esiintyy suuren suon keskustassa lähellä pintaa äskettäin umpeenkasvaneen järven viimeisenä limnisenä facieksena heti *Sphagnum*-peitteen alla.

Plankton-liejuja on monta eri muotoa, joista mainittakoon: *Desmidiaceae*-lieju, plankton eläimistöä muodostunut lieju ja organogeeninen, erittäin runsaasti *Diatomaceae*-lajeja sisältävä lieju.

Tämän lisäksi voitaisiin mainita detrituslieju, joka monessa suhteessa on alloktonista, sisältäen runsaasti jätteitä *Ceratophyllumista*, *Myriophyllumista*, *Naiaksesta*, *Potamogetonista*, *Nymphaeasta* y. m. vesikasveista.

Sellaisessa tapauksessa, jolloin muodostuu liejua ja turvetta rinnan, syntyy n. k. liejuturvetta, jolloin liejun joukossa havaitaan paljon *Carexia*, *Cladiumia*, *Typhaa* ja *Equisetumia*.

Varsinkin Nova Scotiassa, pienten suojärvien pohjalle kerrostuu vieläkin mutaa (dy), jossa humusaineen vaikutus on huomattava.

Planktonmuta on tavallinen samaten kuin detritusmutakin, jolloin siinä on jätteitä *Carexista*, *Sphagnumista* ja *Amblystegiumista*.

Akkumulaatio-turvemuodostumia tavataan vain pieninä linsseinä umpeenkasvaneiden järvien entisillä rannoilla.

Harvinaisempia ovat limniset *Typha*- ja *Scirpus*-turvekerrostumat, ja eräissä tapauksissa voidaan kyllä erottaa erikoinen limninen *Carex*-turve. Joskus muodostaa myöskin *Equisetum* muihin sekaantuneena limnisen kerroksen.

TELMAATTISET SUOMAALAJIT.

Telmaattisten muodostumain oleellisimpana turvelajina on *Carex*-turve, jota tavataan kaikkien soiden kerroksissa joko ohuina pohjakerroksina tai koko suon turvekerrosta muodostavana, kuten Alfred- ja Large tea Field-soissa.

Carex-turve voi olla aivan puhdasta, mutta usein tavataan *Carexin* ja *Amblystegiumin* sekä joskus muidenkin suomaalajien muodostamia sekaturvelajeja.

Vaginatum-turve (*Eriophorum vaginatum*) ei esiinny erikoisina kerroksina, vaan sekaantuneena etupäässä *Sphagnumiin*. Kuitenkaan ei *Vaginatum*-turpeen merkitys ole niin suuri kuin *ANREFin* julkaisuista voisi luulla.

Puhdas *Amblystegium*-turve on yleensä vähäisessä määrässä esiintyvä, mutta se esiintyy sitä yleisemmin *Carexin* ja eräiden metsäturvelajien sekoittumana.

SEMITERRESTRISSET SUOMAALAJIT.

Sphagnum-turve, joka lähinnä kuuluu tähän ryhmään, on tutkimusalueen kaikkein yleisin ja huomattavin suomaalaji. Se muodostaa paksuja kerroksia, joiden kasvilajikokoomus on harvinaisen puhdas ja homogeeninen. Mikroskooppinen tutkimus soiden kerroksista on osoittanut, että kyseessä on etupäässä *Sph. cymbifolium*- ja *acutifolium*-ryhmän sammalia. Tavallisesti on *Sphagnum*-turve vallan raakaa, mutta lahonneita kerroksia tavataan säännöllisinä horisontteina soiden kerroksissa, onpa sellaisiakin tapauksia monta, jolloin lahonnut *Sphagnum* muodostaa koko suon kerroksen ohuita pohjakerroksia lukuunottamatta.

TERRESTRISSET SUOMAALAJIT.

Terrestrisiä suomaalajeja on tavattu etupäässä kahta eri lajia: *Sphagnum*-turpeen lahonneissa kantokerroksissa kantojen yhteydessä

tai lahonneena varpurikkaana kerroksena sekä lehtometsäturpeena. Jälkimmäinen on erittäin rehevä turvemuoto etenkin silloin, kun siinä on runsaasti *Amblystegiumia*. Edellinen esiintyy kuten sanottu *Sphagnum*-turpeessa, ollen luonteeltaan siis rämeturvetta, jälkimmäinen muodostaa varsin selviä kerroksia tavallisesti soiden pohja- tai reunakerroksissa, ja sen on aiheuttanut erittäin rehevä lehtotyyppi. Rehevien jokivarsien soissa se muodostaa yhtenäisiä paksujakerroksia heti limnisten kerrosten päälle, kuten Blackwaterin suo osoittaa.

V. STRATIGRAFISET TYYPIT.

Edellä luetellut suomaalajit esiintyvät säännöllisinä yhdistelminä ja määrättyinä rakennetyyppeinä.

Limniset suomaalajit ovat soiden pohjakerroksissa, mutta hyvin usein on asian laita sekin, että niitä tavataan turvekerroksissa, jopa terrestristen kerrosten päällä. Tavallisesti telmaattiset kerrokset, siis *Carex*-turve, esiintyvät limnisten päällä ja ylinnä semiterrestriset *Sphagnum*-kerrokset. Niidenkin profiilien mukaan, joita tässä edeltävässä tutkimuksessa on julaistuna, voitaisiin suot jakaa seuraaviin tyyppeihin:

Sphagnum-turvesuot, joiden pääasiallinen turvelaji on *Sphagnum*. Raakaa *Sphagnumia* käsittävät suot ovat tavallisimmat, ja tällöin lahonneita turvelajikerroksia on vain ohuina kerroksina, joilla ei ole sanottavaa merkitystä. Niissä ovat kantokerrokset harvinaisempia ja pienempiä kuin vastaavissa lahon *Sphagnumin* muodostamissa soissa. Sellaista muotoa edustavat m. m. St. Arsene- ja Isle Verte-suot. Lahonneen *Sphagnumin* muodostamat suot ovat tavallisesti tasaisempia, kuten sellaiset tapaukset kuin Makoke ja Mer Bleue osoittavat. Caribou-suossa ovat kummatkin edustettuina, ja sitäpaitsi on siinä paksu limninen kerros. Yleensä on näille soille ominaista se, että niissä on muita turvelajeja suhteellisesti vähän. Muinaisjärvien kerrokset ovat pienialaisia ja ohuita, mutta useimmiten ei muinaisjärviä ole ollenkaan, vaan pohjan muodostaa *Carex*-turve.

Toinen pääryhmä on *Carex*-turvesuot, joissa *Carex* on kokonaan vallitsevana. Sellaisia esimerkkejä on m. m. Alfred ja Large tea Field, joista varsinkin edellisessä on paikotellen *Sphagnumia* ohuena pintakerroksena.

Kahden edellisen yhdistelmä olisi kolmantena pääryhmänä. Siihen kuuluisivat m. m. Newington- ja Perth-suot, joissa limniset,

telmaattiset ja semiterrestriset suomaalajit ovat jotenkin tasasuhtaisesti edustettuina.

Näiden tyyppien maantieteellinen levinneisyys on säännöllistä siten, että *Sphagnum*-turvesuot ovat maritiimisia tyyppejä esiintyen lähellä Atlantin valtamerä, *Carex*-turvesuot sitä vastoin sisämaassa kontinentaalisisina tyyppinä. Niiden yhdistelmät ovat alueellisesti siirtymämuotoja maritiimisen ja kontinentaalisen suotyyppialueen välillä. Maantieteelliseltä kannalta katsoen *Sphagnum*-turve siis esiintyy niin, että se muodostaa paksuja yhtäjaksoisia kerroksia valtameren vaikutuspiirin alueella, josta sisämaahan päin *Sphagnum*-turve ohenee pinta-kerrokseksi, jopa paikoitellen kokonaan häviää olemasta erikoisen merkittävä stratigrafisessa suhteessa. Päin vastoin kuin edellinen turvelaji, *Carex* on vain ohuena pohjakerroksena maritiimisella alueella, mutta muodostaa paksuja kerroksia sisämaassa, jossa myöskin tavataan puhtaita terrestrisiä turvekerroksia. Rannikolta sisämaahan päin voidaan selvästi todeta myöskin terrestristen turvelajien merkityksen kasvua.

Kanadan kaakkoisosien stratigrafisten suotyyppien esiintyminen osoittaa siis selvästi etupäässä ilmastollisten tekijäin merkityksen ja suot mukaantuvat etupäässä kuivemman ja kosteamman ilmasto-vaikutuksen mukaan.

Maritiimisen tyyppialueen suot ovat Hochmooreja, joiden levinneisyys on laajempi, kuin ANREP:n raportit osoittavat. Merellisen ilmaston vaikutus ilmenee jo siitäkin, että on muodostunut kumpumaisia Hochmooreja kuperalle alustalle ilman muinaisjärvien sedimenttejä. Tällaista tyyppiä voitaisiin nimittää kanadalaiseksi Hochmooriksi, jonka ominaisuudet selviävät edellä olevasta kuvauksesta.

Mikäli Muskeg-muotoja koskevasta niukasta kirjallisuudesta selviää, edellä mainittu *Carex*-turvesuo on erotettava Muskeg-soista, jotka monessa suhteessa muistuttavat Pohjois-Suomen ja Skandinaavian *Carex*-turvesoita, joilla on n. k. aapasuo tyyppi biologisena tunnusmerkkinä, monine eri kosteusvaihteluita osoittavine tyyppineen. Näin ollen olisi myöskin erotettava erikseen n. k. eteläkanadalainen *Carex*-turvesuotyyppi pohjoisesta kanadalaisesta *Carex*-turvesuotyyppistä.

Kanadalainen lehtoturvesuotyyppi on myöskin erikoislaatuinen muodostuma, joka, kuten mainittiin, rajoittuu kontinentaalialueelle, mutta jonka esiintyminen on suuressa määrin paikallisista tekijöistä riippuvainen. Maiden viljavuusasteella on tällöin huomattava merkitys.

VI. SOIDEN SYNTY STRATIGRAFIAN VALOSSA.

Soiden synnyn selvittely edellyttää tietenkin mahdollisimman tarkkaa soiden pohjakerrosten luonteen ja laadun tuntemista. Tässä suhteessa on myöskin erikoisen merkille pantavaa tuntoa ne geologiset olosuhteet, joiden vallitessa ja joiden jälkeen suot alkoivat muodostua.

Soiden muodostumisessa erotetaan tavallisesti kolme eri tapaa: kuivan maan soistuminen, vesien umpeenkasvu ja tulvamaiden soistuminen, jotka tavat voidaan nykyään edistyvissä soistumisilmiöissä todeta. Mutta nämä ovat myöskin geologisesti todettavissa. Niinpä osoittavat limniset sedimentit muinaisjärven olemassaoloa, ja silloin kuin ei voida mitään sellaisia sedimenttejä todeta, vaan turpeen ollessa kerrostunut kuivalle alustalle, on kyseessä kuivan maan suoksi muuttuminen. Tulvamaasoistumat rajoittuvat vain jokien rannoille.

Kun me näiden periaatteiden mukaan tarkastamme Kanadassa suoritettuja profiileja, voidaan niistä nähdä, missä määrin edellä esitetyille näkökohdille löytyy vastineita sikäläisten soiden stratigrafiasta. Silloin selviää m. m., että merellisen rahkasuon pohjana on verraten vähäisessä määrin muinaisjärvien sedimenttejä, jota vastoin kontinentaali-tyypillä on järvien umpeenkasvulla ollut suuri, jopa ratkaisevakin vaikutus.

Maritiimisen tyyppin alueella on, kuten profiileista selviää, siellä täällä pieniä painanteita, joihin on muodostunut meren perääntyessä maan kohoamisen vaikutuksesta pieniä järviä. Ne ovat kuitenkin olleet alaltaan pieniä ja erittäin matalia, joten niiden merkitys koko suoalueen muodostumisessa on ollut pieni. Tosin ei voida aina pelkän kuivan maan ja limnisten sedimenttien pinta-alan mukaan arvioida näiden kummankin soistumistavan voimakkuutta, intensiteettiä ja syytä soistumiseen, sillä pienikin lampi on voinut olla primäärisenä syynä suon muodostumiseen ja muut tekijät ovat sitten voineet pitää huolen suon edelleen kehittymisestä. Mutta tämän tyyppin alueella ei voida muinaisjärville antaa kovinkaan suurta merkitystä siitäkään syystä, että on tapauksia, jolloin muinaisjärviä ei ole lainkaan soiden pohjalta tavattu.

Näin ollen jää mahdollisina jäljelle kuivan maan soistuminen tai tulvamaan soistuminen.

Jälkimmäinen sellaisena kuin se on selitetty vanhalta mante-relta on esiintynyt aina jokien varsilla, joten, kun tässä on puhe

etupäässä muunlaisista soista, ei tämä soistumistapa siis voi tulla kyseeseen. Voidaanko siis ottaa huomioon kuivan eli metsämaan soistumista, se jää monessa tapauksessa riippumaan siitä, millainen on soiden pohjakerroksen laatu. Tällöin nähdään profiileista kaksi eri tapausta, jolloin soiden pohjana on joko pelkkä *Carex*-turve tai on *Sphagnum* kerrostunut suorastaan mineralimalle.

Aivan luonteenomaisena piirteenä on, kuten jo mainittiin, se, että soiden pohjana on *Carex*-turve, jonka paksuus kasvaa kontinentaalityypin alueelle siirryttäessä. Ja kuten profiileista edelleen selviää, *Carex*-turve on pohjakerroksena siinäkin tapauksessa, jolloin suon pohja on painanteettomasti kupera. Merkillä pantavaa edelleen on, että tämän *Carex*-turpeen alla ei ole tavattu merkkejä mistään puukasvillisuudesta, vaan mainittu turvelaji on suorastaan kerrostunut alla olevalle mineraalimalle. Mikroskooppinen tutkimus osoittaa, että etenkin niissä soissa, jotka ovat kauempana meren vaikutukselta, on *Carex*-pohjaturpeessa runsaasti *Sphagnum*-jätteitä, lähellä merta olevissa sitä vastoin vähemmän. Ennen kuin siirrytään tarkastamaan niitä syitä, jotka tätä asiantilaa valaisevat, on edelleen tuotava esiin se tosiasia, että monen suon pohjalla on verraten löyhä, vain pinnaltaan kuivunut savi.

Vertauksen vuoksi mainittakoon, että nykyään tapahtuu metsämaan soistuminen maritiimisen tyyppialueen piirissä *Sphagnumin* avulla, joten joka tapauksessa on olemassa ero ennen muodostuneiden ja nykyään syntyvien soiden välillä. Ainoastaan meren rannoilla olevilla niityillä tavaetaan sitä kasvillisuutta, jota voitaisiin verrata entiseen pohjakerrostumia muodostaneeseen.

Se seikka, että soiden pohjalla on pintaosistaan hieman kuivunut savi, jossa on suolaisen veden *Diatomaceae*-lajeja ja sekin, että suolle muodostuneen turpeen kokoomus osoittaa nykyisiä merenranta-tyyppejä, oikeuttaa oletamaan, että ainakin osa soista on muodostunut meren rantaviivan perääntyessä, ilmiö, joka on jo tunnettu Suomen maankohoamisen alueelta. Mutta tämä ei tietenkään sulje pois sitä mahdollisuutta, että kuiva maa on soistunut silloisena postglasiaaliaikana toisin kuin nykyään eli siten, että *Carex*-kasvustoilla oli suurempi vaikutus soistumisen kulussa kuin nykyään. Näiden kummankin eri vivahduksen välille on vaikeata vetää rajaa. Mutta tosiasiat viittaavat selvästi siihen, että kummatkin ovat olleet olemassa.

Mitä vihdoin tulee siihen, että *Sphagnum* on eräissä tapauksissa kerrostunut suoraan mineraalimalle, kuten Makoken tapauksessa näkyy, se johtuu siitä, että eri syvänteissä syntyneet erilliset soistu-

mat ovat korkeutta kasvaessaan yhtyneet yhteiseksi suokompleksiksi. Kuten profiilista nimenomaan näkyy, se on tapahtunut myöhäisenä aikana, jolloin kummankin primäärisuon kasvillisuus jo on ollut *Sphagnum* peitteistä. Tämäkin seikka osoittaa, miten on ymmärrettävä, että entisen ja myöhemmän soistumisen välillä on eroavaisuutta todettavissa nimenomaan siten, että *Sphagnumin* vaikutus on tullut tuntuvammaksi myöhemmin.

Ennen kuin jätän tämän maritiimista tyyppialuetta koskevan kysymyksen selvittelyn, viittaen erääseen luonteenomaiseen soiden sijoittumiseen nimenomaan St. Lawrence riverin varrella. Siellä ovat suot sijoittuneet, kuten kuva 2 osoittaa, suuren ja korkean rantatörmän takana olevaan laaksoon, siten että turvemassa on jokea lähinnä olevalla laakson rinteellä.

Mikäli mikroskooppiset tutkimukset osoittavat, soiden primääri-nen muodostuminen on alkanut korkealta saman rinteän yläosista siirtyen vähitellen soistumisen kuluessa alemmaksi laakson pohjalle päin. Soiden pohjana oleva savi, joka on paikoitellen aivan pehmeätä, ja *Carex*-turpeen laatu viittaavat siihen, että suot ovat syntyneet perääntyvää veden pintaa seuraten tai siten, mikä mahdollisesti on vieläkin todennäköisempää, että soistumista aiheuttanut vesi on peräisin merestä, joka oli perääntynyt törmän toiselle puolelle, jolloin vettä valui pehmeän ja hauraan hiekkatörmän läpi laaksoon aiheuttaen soistumisen jokea lähinnä olevalle laakson rinteelle. Eräissä tapauksissa on varsin todennäköistä, että törmän takaiseen laaksoon on jäänyt suurehkoja järviä, joiden vedenpinnan laskiessa rannoille muodostuneet suot levenivät peittäen lopulta koko laakson pohjan.

Kaikki ne tapaukset, joita sain tutkia kontinentaalityypin alueella, viittaavat siihen, että soiden pohjalla oleva saviaines on peräisin ainakin sen myöhäisimmässä vaiheessa suurempien järvien savisedimentaatiosta. Esim. suuri Alfred-suo on tässä erikoisen merkille pantava. Sen pohjana on savi, joka on suurimmaksi osaksi aivan vetistä tai plastillista ja paikoitellen kuivunut vain pinnaltaan ohueksi kuoreksi, jolla on kasvanut lehtometsää. Muuten on sittemmin pohjavesi, jota kyseessä olevalla alueella on erittäin runsaasti, pitänyt huolen soiden kehityksestä. Large tea Fieldin pohjalla on kovempaa savea ja siinä on *Carex*-turve jatkunut pohjasta pintaan asti. Wellandin suon pohjalla on kovaa ja selvää järvisavea, jolle on muodostunut painanteisiin järviä, ja muualla on kasvanut lehtometsää, joka sittemmin on soistunut vetisemmäksi.

Mitä vihdoin tulee välimuotoihin, kuten Perthin ja Newingtonin tapauksiin, niissäkin on pohjana savi, mutta järvien umpeenkasvulla

on ratkaiseva merkitys jo siinäkin suhteessa, että muut alueet, joilla ei ole limnisiä kerroksia samassa suossa, ovat soistuneet järvien vedenpinnan noususta, kuten profiileistakin selviää, ja kuten tulen myöhemmin osoittamaan.

Kun edelleen tarkastamme Blackwaterin suota, jossa on lehtokorpiturvetta suoraan limnisen kerroksen päällä ja jossa nykyään virtaa joki, huomataan kehityksen olleen sellaisen, että postglasiaaliajan alussa oli paikalla muutamia yksityisiä järviä, jotka kuivuivat ja joille levisi rehevä lehtometsä. Pienet purot yhdistivät koko jakson samaksi vesistöksi, ja tämän tulvamaan alueella rehevä lehtokorpi muodosti nopeasti turvetta. Lopulta yhtyivät erilliset alueet yhteiseksi suoksi, jonka läpi virtaa joki. Tässä siis on kyseessä tulvamaan ja vesien umpeenkasvun yhteinen soistuma.

Näin ollen voidaan siis edellä sanottu yhdistää seuraaviksi tuloksiksi.

Maritiimisen tyyppin alueella on kuivan maan soistuminen ollut pääsoistumistapa, kuitenkin siten, että sen luonne on ollut toinen kuin nykyään. Järvien umpeenkasvulla on ollut pääasiallisin merkitys soistumisessa kontinentaalisen tyyppin alueella olevissa soissa.

Kuivan maan soistuminen on samalla käsitettävä täällä laajassa merkityksessä, jolloin siihen luetaan myöskin meren tai järven rantaviivan perääntyessä paljastuneen maan suoranainen soistuminen sekä myöhemminä postglasiaali-aikoina tapahtunut *Sphagnum*-soistuminen, jota paraillaankin jatkuu maritiimisen tyyppin alueella, mutta erittäin vähäisessä määrin kontinentaalityypin alueella.

Mitä edelleen järvien umpeenkasvuun tulee, mainittakoon, että postglasiaaliajan varhaisemmat kasvustot ovat olleet rehevämpiä kuin nykyään samoilla paikkakunnilla olevat umpeenkasvutypit. Kuten muinaiskasvistoa osoittavasta luettelosta selviää, on kyseessä lajeja, joita ei enää tavata paikkakunnalla kasvavina. Lisäksi selviää tutkimuksista, että *Amblystegiumin* merkitys on ollut suurempi varhaisempina aikoina kuin nykyään, jolloin *Sphagnumin* merkitys on erittäin huomattava. *Sphagnumin* vaikutus oli ennen mitättömän pieni. Maritiimisella alueella olivat *Carex*-kasvustot ja *Typha* erittäin yleiset, jota vastoin kontinentaalityypin alueella järvien umpeenkasvu on tapahtunut

terrestrisen tyypin välityksellä, jolloin lehtokorpi on levinnyt suoraan limnisisille kerroksille. Nykyjään tällaiset umpeenkasvumuodot ovat harvinaisempia Kaakkois-Kanadassa.

VII. SOIDEN YLEINEN KEHITYS STRATIGRAFIAN VALOSSA.

Jo rakennetyyppejä selvitellessäni kävi jossakin määrin selville soiden stratigrafinen kehitys nimenomaan kontinentaalisen ja maritiimisen tyypin eroavaisuuksien yhteydessä.

Vanhimmista vaiheista lähtien on kehitys ollut hieman erilainen sekä umpeenkasvun että kuivanmaan soistumisen jälkeen. Jo limnisisissä kerroksissa todetaan muudan selvä säännöllisyys, jonka mukaan muinaisjärvien vaiheissa tapahtuu veden pinnan laajenemista, etenkin sellaisissa tapauksissa, jolloin järvien umpeenkasvu ei ole tapahtunut nopeasti, vaan siirtynyt todennäköisesti järvien suuruuden takia myöhempään aikaan. Niinpä osoittavat Newington- ja Perth-suot, että niiden limnisten kerrosten laajeneminen on ollut melkoisen suuri. Edellisessä tapauksessa on vallin takana simpukka-akkumulaatio, joka osoittaa veden primääristä matalaa vaihetta, mutta sen päällä on hyytelömäinen limninen kerros, joka on laajentunut erittäin laaja-alaiseksi ja jonka alle akkumulaatio on jäänyt; jälkimmäisessä tapauksessa limninen kerros on transgredieerannut *Carex*-turpeen päälle.

Sellaisessa tapauksessa, jolloin järvet ovat kasvaneet varhain umpeen, on umpeenkasvuturpeen päällä uusi limninen kerros. Varsinkin Caribou-suossa tämä ilmenee erittäin selvästi, ja muissakin tapauksissa on pienien järvien sedimenttejä umpeenkasvuturpeen päällä merkkeinä uusista järvivaiheista. Maritiimisen tyypin alueella on uusi sekundäärinen järvivaihe *Carex*-turpeen päällä, mutta kontinentaalityypin alueella on useinkin terrestrinen lehtokorpiturve limnisten kerrosten päällä, ja sille on muodostunut uusi järvi omine sedimentteineen. Maritiimisen tyypin alueelta mainittakoon Cariboun lisäksi Makoke; lisäksi on olemassa eräitä muita, tässä mainitsematta jääneitä ja julkaisemattomia tapauksia.

Clyde Riverin profiilissa, joka kuuluu maritiimiseen alueeseen, on umpeenkasvu tapahtunut äärimmäisenä oikealla olevassa altaassa puhtaan *Sphagnum*-välityksellä, ja kosteampi vaihe näkyy *Carex*-turpeen transgressiona *Sphagnum*-turpeen päälle. Sekundääristen järvien umpeenkasvun on suorittanut useimmissa tapauksissa joko *Carex*, etenkin kontinentaalityypin alueella, tai *Sphagnum*, etenkin maritiimisen tyypin alueella.

Maritiimisen tyyppin soiden kehitys on sen jälkeen ollut säännöllistä siten, että *Sphagnum* on ottanut ylivallan ja muodostanut turpeen pintaan saakka. Kuitenkin voidaan niiden kerrosjärjestyksessä todeta muudan selvä kuivumishorisontti, jossa turve on erittäin lahoa ja kantoja on runsaasti. Mutta monessa tapauksessa on turpeen kehitys ollut sängen homogeenista pintaan asti. Maritiimisen tyyppin alueella, etenkin Nova Scotiassa, on muudan tyyppi soita, joissa *Sphagnum*-turve primäärisesti on lahoa pintaan asti, kuten Makoken tapaus osoittaa.

Kontinentaali-tyypin soissa on *Carex*-turve ollut valta-asemassa koko ajan kuitenkin niin, että esim. Alfredin tapauksessa on pohjakerroksen päällä *Amblystegium*-rikas kerros ja sen jälkeen seuraa jälleen puhdas *Carex*-turve, jossa on muudan selvä kannokko. Pinnalla on *Sphagnumia*, paikoitellen, kuten suon pohjoisosassa, melko paksusti ja se levenee etelään päin osittain ojituksen vaikutuksesta. Large tea Fieldin profiili osoittaa selvää säännöllisyyttä sikäli, että pohjalla on laho *Carex*-turve, sen päällä raaempi ja pinnalla laho, mikä johtuu ainakin osaksi kuivatuksesta.

Siirtymätyypin alueella on Perthin profiilissa todettava limnisten kerrosten laajeneminen ja sen umpeenkasvu *Carex*-turpeen välityksellä. Sen läpi virtaavan puron reunalle on muodostunut lehtometsä, jonka turve on osittain limnisten kerrosten päällä ja josta näkyy, että nykyinen lehtokorpi, joka reunustaa suon läpi virtaavaa puroa, on jatkona tälle primääriselle korpityypille. Siinä tapauksessa on nykyisen puron vedenpinta jatkunut entisen järven pinnasta, kuten yhtenäinen limninen kerros osoittaa. *Sphagnum*-kerros on syntynyt heti *Carex*-turpeen toimitettua lopullisen umpeenkasvun. Newingtonin tapauksessa on *Carex*-turve alkanut levitä laajenneen järven yli voimatta kuitenkaan peittää alleen suurta järveä; sen sijaan on sittemmin *Sphagnum*-turve toimittanut lopullisen umpeenkasvun, joka on päätynyt aivan äskettäin. Suon keskustassa on pintakerros vielä siksi ohut, että se hyllyy sillä käveltäessä.

Edellä olevasta selviää, että soiden postglasiaalisessa kehityksessä on todettavissa alkujaan matalavetinen järvivaihe, joka on laajentunut tai sen kasvettua umpeen on muodostunut uusi järvi, joka on kasvanut umpeen lopullisesti. Sen jälkeinen kehitys ilmenee yleensä joko selvänä tai epäselvänä kuivumisena, josta ovat merkkeinä kannokot ja lahot turvekerrokset, tai on kyseessä umpeenkasvu sellaisissa tapauksissa, jolloin sitä ei

ennemmin ole tapahtunut. Monet sekundääriset järvet soiden pinnalla nykyjään, kuten Caribou-, Clyde-y.m. soilla osoittavat kosteaa periodia, mutta toisaalta on todettavissa selvää kuivumistakin nykyisten soiden pintakasvillisuudessa.

Kaikille edellä oleville ryhmille yhteisenä piirteenä mainittakoon, että kantokerros on muodostunut *Carex*-pohjakerroksen ja sen päällä olevan *Sphagnum*-kerroksen väliin, piirre, joka nykyisyydestä löytää vastineensa, silloin kun *Carex*-turvesuolle levenee *Sphagnum*-peite.

VIII. SOIDEN MUODOT.

Edellä esitetyn soiden kehityksen seurauksena on soiden määrätynlainen muoto.

Suurin piirtein suot voidaan jakaa kolmeen pääryhmään: sellaiisiin, joiden pinta noudattaa tarkoin pohjamaan topografiaa, sellaiisiin, joiden pinta on pohjamaasta riippumatta enemmän tai vähemmän vaakasuora, sekä sellaisiin, joiden pinta on kupera.

Ensimmäiseen ryhmään kuuluvat kaikki nuoret soistumat sekä kontinentaalisen että maritiimisen tyyppin alueella ynnä eräät erittäin laajat *Sphagnum*-suot, kuten Eal-suo, joissa turvekerros on suhteellisen ohut suon laajuuteen verraten. Toiseen ryhmään kuuluvat kontinentaalialueen *Carex*-turvesuot sekä kummankin tyyppialueen välimuodot, kuten Perth ja Newington ja kolmanteen kaikki luonteenomaiset maritiimisen alueen suot. Jo tästä selviää, että syyt muotoluokitteluun ovat etsittävässä eri turvelajeista ja rakennetyypeistä. Kahden ensimmäisen ryhmän suot ovat nimittäin *Carex*-turvesoita ja kolmannen *Sphagnum*-turvesoita.

Etupäässä *Sphagnum*-turvesoiden kupera ominaisuus on merkillepantava ja ansaitsee tulla käsitellyksi muutamin piirtein.

Jo niistä profiileista, jotka ovat tämän edeltävän tutkimuksen liitteenä selviää eräitä luonteenomaisia tyyppisiä. Shippiganin suo ja Riviere Ouelle ovat esimerkkejä sellaisesta tyyppistä, jolloin suurin piirtein tasaiselle pohjamaalle on noussut kakkumainen suomuodostuma, samaten kuin osittain Isle Vertekin, Escuminac ja Caribou ovat esimerkkejä sellaisesta tapauksesta, jolloin enemmän tai vähemmän koveralle pohjalle on muodostunut kupera suo, ja St.

Arsene osoittaa tapausta, jolloin suo suurin piirtein noudattaa pohjaan muotoa ollen kuitenkin kaikkiin suuntiin kupera.

Erikoisesti suon pintaa koskevana piirteinä voitaisiin vielä erottaa sellainen tyyppi, jossa pinta on tasainen ja reunaluisut viettäviä sekä sellainen, jossa suon pinnalla on ikäänkuin kerrostunut useampia kupumaisia muotoja toistensa päälle. Edellistä edustaa Clyde river ja jälkimmäistä m. m. Caribou ja Escuminac.

Sikäli kuin eri kehitysvaiheissa olevia soita koskevat tutkimukset osoittavat, soiden kupera ominaisuus riippuu siitä, että *Sphagnum* alkaessaan muodostaa vakinaista turvekerrosta nousee suon keskustassa hieman koholle, mikä pyrkimys sittemmin kautta koko kehitysjakson jatkuu, kunnes suon pinta on täysin kupera. Tämä *Sphagnumin* kasvun kehitys näkyy täällä erittäin selvästi, kun soiden kerroksissa ei ole tapahtunut sanottavia kuivumisia tai muita vaihteluita, vaan yhtäjaksoisen sammalen kasvuun ovat voineet vaikuttaa häiriintymättä kaikki ne tekijät, jotka tuon kuperan ominaisuuden aiheuttavat. Tässä yhteydessä mainittakoon, että tasaiselle pohjalle muodostuneet suot saavuttavat kuperan muodon pikemmin kuin sellaiset, jotka ovat syntyneet jyrkkärantaiseen altaaseen.

Etsiessämme tällaiseen soiden muotoon syitä, joita on kirjallisuudessa paljon käsitelty ja joiden suhteen viittaaan erikoisesti NICHOLSIN tutkimukseen Cape Breton Islandista, johdutaan siihen, että *Sphagnumin* kehitykseen, joka määrää soiden muodon, vaikuttavat kosteusvaihtelut soilla ja siis soiden yleinen vesitalous. Jo se seikka, että jo varemmin kuperaksi kehittynyt suo jatkaa samaa kehitystä muuttuen yhä enemmän kuperaa muotoa muistuttavaksi, osoittaa, että suon pinnalle putoava meteorinen vesi ja ilman kosteus yleensä luo edellytykset *Sphagnumien* kasvuille. Tästä syystä käykin ymmärrettäväksi, miksi tämän tyyppin suot ovat sijoittuneet maritiimisen ilmaston alueelle.

Kuten tunnettua, *Sphagnumien* vedenotto-kyky on erinomaisen suuri; suo voi ottaa suuret määrät sadevettä, pidättäen sitä kauan. Siitä on tietysti seurauksena yhä voimakkaampi sammalen kasvu, jonka nopeus riippuu eri lajien sijoittumisesta ja saadun vesimäärän runsaudesta ja laadusta. Suon määrätty osat kohoavat korkeammalle pohjaveden pinnasta. Tapahtuu kuivumista, ja kuivempien osien välillä olevat alat alkavat nopeasti kasvaa kohoten vuorostaan korkeammalle edellisiä, jotka taas vettyvät. Näin kehitys kulkee edelleen, ja siitä on seurauksena regeneraatio-turve suon profiilissa näkyvine kirjavine turvejuovineen.

Suon pinnalle joutuva vesi kulkeutuu siis osittain sammalpeitteeseen ja turpeeseen ja liika määrä valuu joko suon pinnalla tai

suon pinnan alla pois alemmille osille muodostaen sekundäärisiä järviä, jotka siis ryhmittyvät suon pintamorfologiaa tarkoin noudattaen. Näin ollen järvet sijoittuvat joko suon reunoille, tai, kuten Cariboun tapauksessa, korkeimman kalotin ympärille, korkeuskäyrien suuntaa noudattaen. Soiden reunoille muodostuu harvemmin suurempia järvi-komplekseja, sillä sieltä vedellä on suuret mahdollisuudet valua kokonaan pois. Soiden järvet ovat siis suon vesitalouden ilmauksia, ja siis tavallaan suon vesitarpeen varapaikkoja, joista vettä voi kapillarieteetin avulla nousta vähän ylemmillekin osille, sitä mukaa kuin sitä sieltä haihtuu pois.

Mutta useinkin liika vesi valuu suon pintaa pitkin pois, jolloin muodostuu pieniä puroja, jotka kuivina aikoina ovat kuivia, tai veden poisvaluminen ilmenee reunoilla olevien kosteampien sammal-yhdyskuntien kokoomuksessa. Erittäin tavallista on, että vesi tulee kupumaisen kalotin reunoilta suon kyljestä ulos ja särkee suon reunat, joissa sammalkasvillisuus on destruoitunut, ja turvemassaa kulkeutuu alemmille osille. Vettä voi edelleen kerääntyä suon pohjalla tai suon turvekerroksissa olevien lahonneiden ja tiiviiden kerrosten päälle stagneeraten siinä tai valuen pois, missä tilaisuutta siihen on. Tällaisena esimerkkinä mainittakoon Clair-suo, jossa tiivis laho turve raa'an *Sphagnumin* alla on estänyt veden poiskulkeutumisen ja aiheuttanut suon pinnalle erittäin intensiivisen sekundääristen lampien muodostumisen. Niiden väliset alueet ovat kuivia kuusirämeitä.

Erikoisen valaiseva esimerkki siitä, mitä suon sisästä ulospurkau-tuva ja alemmille osille virtaava vesi voi aikaansaada mainittakoon Isle Verte ja St. Arsene sekä Cariboun soiden särkyneet reunat, joissa ei ole sammalkasvillisuutta. Mitä tällaisesta on seurauksena, on ilman muuta selvää. Kun nimittäin sammalten kasvu pysähtyy reunoilla ja jos kerran veden saanti on riittävää, on suon kasvu keskustassa suhteellisen suuri, ja suon pinta muuttuu yhä enemmän kupe-raksi. Lisäksi saa tällainen vesitalouden muutos aikaan sen, että reunalaisuus kehittyy erittäin selväksi. Tässä on siis kyseessä tapaus, jolloin suon kasvu tapahtuu sentripetaalisesti, siten että reunojen korkeuskasvu pysähtyy ja yleinen korkeuskasvu keskittyy vain suon keskustaan.

Mutta yhtä tavallista on, että suon korkeuskasvua tapahtuu koko suon pinnalla sellaisenaan, jolloin *Sphagnum* etenee reunoillakin ja aikaansaa suon transgression. Edellistä tapausta kuvaa kaava-mainen kuva 3 ja jälkimäistä kuva 4.

Suuri sateen määrä ei kuitenkaan aina voi aiheuttaa suon nopeata kasvua, vaan sillä voi olla päinvastainenkin vaikutus. Sellaisessa tapauksessa, jolloin sateen määrä on äkkiä liian suuri niin, että vettä

virtaa pois suolta suuret määrät, voi käydä niin, että vesi kaivaa selvän uoman itselleen joko suon pinnalle tai suon pinnan alle ja sen johdosta kulkeutuu yleensä suon vesiä pois koko kasvukauden kestäessä, joten suo luonnollisen ojittumisen vaikutuksesta kuivuu. Ja edelleen mainittakoon, että kuiva periodi voi välillisesti aiheuttaa samaa sekä sekundääristen lampien synnyn. Kun nimittäin suon pinta kuivuu niin kuivaksi, että sammalpeite häviää, voi äkillinen sade, jota ei sammaleton suon pinta voi hyväkseen käyttää, valua pinnalta pois ja kerääntyä laskeumiin ja tasaisille alueille muodostaen sinne lampia. Yleensä kuiva periodi soilla, jolloin sammalten korkeuskasvu tai sammalten määrä ei riitä pidättämään sen pinnalle valuvaa vettä, aiheuttaa sekundääristen lampien määrätyn keskittymisen ja synnyn.

Kun vielä mainitaan se, että Kanadan suuret metsäpalot saattavat kokonaan turmella kuivahkon suon pinnan, voidaan ymmärtää, miksi useilla paikoilla soilla suurten kulojen jälkeen kehkeytyy erikoisia morfologisia kehityspiirteitä, jolloin voi muodostua lampia, ja yleensä ne aiheuttavat sen, että soiden kuivat ja vetiset osat jyrkemmin erottuvat toisistaan.

Näiden lisäksi mainittakoon vielä muudan merkittävä piirre. Eräillä tutkimusalueen soilla on nimittäin progressiivisen kehityksen lopputuloksena kuiva jäkäläpeitteinen nummivaihe, jolla kasvaa varpukasvillisuutta (*Kalmia*). Tällaisena vaiheena suon pinta sillä kohtaa lakkaa kasvamasta korkeutta, mutta reunat kasvavat edelleen ja saavuttavat lopulta suon pinnan korkeimman tason. Näin suon tasainen pinta laajenee, ja todennäköisesti ovat useat rahkasoiden tasapinnat juuri täten syntyneet, kuten osoittaa Escuminacin tapaus, jossa juuri edellä selitetty kehitys on käynnissä. Näin ollen on soiden kehitys monessa tapauksessa jaksoittaista. Kuva 5 valaisee tätä kehitystä.

Mitä soiden pinnan nykyisiin piirteisiin ja kehitykseen yleensä tulee, mainittakoon, että varsinkin maritiimisen tyypin kontinentaalisella puolella eli siis soilla, jotka ovat vähän ulompana valtameren vaikutukselta, on kuivuminen yleisenä piirteenä. Tämä ilmenee sillä tavalla, että suot ovat erinomaisen tuuhean metsän peitossa nykyään ja turpeen muodostumisprosessi on monin paikoin pysähtynyt sammalettomaan jäkälänummeen, jossa voidaan huomata heikkoa sekundääristä soistumista *Sphagnum acutifoliumin* avulla.

Suon pinnan muuttuminen kuperaksi on erikoinen tunnusmerkki kaikkein maritiimisimmille typeille, ja *Sphagnumin* kasvu on nopeinta meren lähistöllä, jossa yhtäjaksoinen kehitys on merkillepantavaa. Kauempana

sisämaassa päin soiden jaksoittainen kehitys muuttuu tavallisemmaksi ja soiden tasainen pinta reunaluiseuineen on luonteenomaisempi. Tämä on yhteydessä senkin kanssa, että soiden kehitys on ollut rannikolla yhtäjaksoisempi ja soiden kerrokset siitä syystä ovat homogeenisempia kuin kauempana sisämaassa.

IX. SOIDEN STRATIGRAFIA JA POSTGLASIAALIAIKA.

Edellä olevasta selviää, että Kaakkois-Kanadan soista koottu materiaali osoittaa kolmea kliimaattista tyyppiä niin hyvin stratigrafisessa kuin morfologisessa suhteessa, ja voidaan myöskin mainita, että kasvitopografisetkin havainnot osoittavat samaa säännöllisyyttä.

Näin ollen ovat ilmastolliset tekijät vaikuttaneet soiden olemukseen kautta koko niiden muodostumisen ajan aiheuttaen eri kliimaattisia tyyppejä. Soiden stratigrafia voinee siis osaltaan kuvata postglasiaaliajan ilmastossa tapahtuneita vaihteluita, koska kasvillisuus on herkästi ilmastollisten tekijöiden suhteen reagoivaa. Kun kyseessä on toisaalta puhdas maritiiminen tyyppi ja sen vastakohtana kontinentaalinen tyyppi, on odotettavissa, että postglasiaaliajan ilmaston mahdolliset vaihtelut näkyvät sekä kummankin tyyppin yksityisten soiden rakenteessa että kummankin alueen regionaalisina oskillatioina välimuotoa edustavan tyyppin alueella.

Postglasiaaliajan ilmaston vaihtelut, sellaisina kuin ne eurooppalaisen metodiikan mukaan ilmenevät, ovat todettavissa soiden kerroksissa hygrofiilisempien ja kserofiilisempien turvelajien ja -laatuojen keskinäisinä vaihteluina. Tämä ei tietenkään merkitse esim. sitä, että määrätty ilmastollinen periodi edellyttäisi samaa turvelajia, vaan sikäli kuin kosteat ja kuivat tai lämpimät ja kylmät periodit vuorottelevat, ne ilmenevät kullekin stratigrafiselle tyyppille ominaisina kosteuden vaihteluina, jotka ovat suhteelliset niiden suomaalajeihin. Niinpä alkuperäinen kostea *Carex*-suotyyppi voi muuttua kosteampana periodina *Amblystegium*-tyypiksi ja *Sphagnum*-turvesuossa voi samassa tapauksessa alkuperäisten *Sphagnum*-ien tilalle tulla suurempaa kosteutta suosivia *Sphagnum*-yhdyskuntia j. n. e.

Ilmastossa mahdollisesti tapahtuneet muutokset ilmenevät paitsi kosteampien ja kuivempien suomaalajien vuorottelussa lisäksi kasviston kokoomuksessa, mikä selviää joko megaskoopipisten tai mikroskoopipisten tutkimusten avulla. Edelleen ovat monet mekaanis-

morfologiset piirteet luonteenomaisia eri ilmastomuodoille ja voivat olla niiden indikaattoreina. Kun yleisistä geomorfologisista seikoista riippuvat paikallisetkin tekijät voivat aiheuttaa kosteampien ja kuivempien periodien kaltaisia tyyppejä, on siis varmintä käyttää kaikkia mahdollisia todistuskappaleita tällaisten seikkojen selvittämiseksi. Niinpä voi esim. altaan reunojen yli ulottuva soiden pinnan korkeuskasvu aiheuttaa pinnan kuivumisen, ja useinkin alkaa suolle valua vesiä sekundäärisesti muualta, minkä seurauksena on vettyminen. Jotta siis ilmaston muutoksien toteamiselle saataisiin todellinen pohja, tulee ottaa huomioon näiden ilmaston indikaattorien ja kosteusvaihteluiden regionaalinen luonne.

Subfossiilikasvisto on monessa suhteessa erittäin tärkeä ilmastollisten vaihteluiden osoittaja, ja tässä suhteessa osoittavat Kaakkois-Kanadassa saadut tulokset selviä säännöllisyyksiä. Kautta koko alueen on todettavissa, kuinka vanhimmissa suomaalajien kerroksissa tavataan erittäin lajirikas kasvisto, ja niiden lajikokoomus osoittaa, että n. s. »eteläisten» lajien vaikutus on kouraantuntuva. Niinpä osoittaa *Myriophyllum scabratum*, joka nykyään kasvaa Arkansasissa ja Missourissa ja jota on löydetty sekä Hick-, että Canaan-soista New Brunswickista, että edellytykset eteläisten kasvilajien esiintymiseen näinkin pohjoisessa ovat olleet suotuisat ja *Naias flexilis*in sekä *Ceratophyllum demersum*in sangen runsas esiintyminen osoittaa samaa, puhumattakaan monista muista. Kuten jo aikaisemmin huomautettiin on umpeenkasvua toimittaneissa tyypeissä todettavissa selvää eroavaisuutta soiden alku- ja myöhempien kausien välillä. Varhaisemmat umpeenkasvukasvustot viittaavat nimittäin eteläisempiin tyyppeihin, puhumattakaan siitä, että muinaisjärvien sedimenttien luonnekin osoittaa olosuhteiden silloin olleen toiset kuin nykyään, koska sedimenttien luonne on eteläisempää tyyppiä.

Tämän jälkeen voidaan luoda lyhyt katsaus niihin säännöllisyyksiin, jotka ilmenevät mikroskooppisissa siitepölydiagrammoissa. Ehken kaikkein huomattavin piirre on todettavissa kuusipuiden ja *Abies*in käyrissä. Kuten säännöllisesti kaikista diagrammoista voi nähdä, on näiden käyrillä pohjalla maksimi, josta ne nopeasti laskevat minimiin noustakseen jälleen vähitellen uuteen maksimiin postglasiaaliajan myöhempinä aikoina. Mäntypuiden käyrässä nähdään, että se suurin piirtein laskee postglasiaaliajan kuluessa. Mitä sitten jalojen lehtipuiden ja yleensä lehtokasvien esiintymiseen tulee, niiden arvot osoittavat, että niiden esiintyminen on runsas varhempina aikoina ja vähenee nuoremmissa kerroksissa. Edelleen huomautettakoon *Tsugan* ja jalojen lehtipuiden käyrän samanlaisesta kulusta, mikä ilmenee useissa diagrammoissa.

Muinaiskasvistoa selvittävät tutkimukset osoittavat siis selvää regionaalista säännöllisyyttä, mikä viittaa ilmeisesti ilmastollisiin vaikutuksiin.

Tämän jälkeen käydään tarkastamaan, missä määrin soiden stratigrafia voi osoittaa selviä regionaalisia säännöllisyyksiä kosteain ja kuivempien kerrosten vuorottelussa.

Kuten jo mainittiin, muinaisjärvien sedimenttien luonne on eteläisemmän ominaisuuden osoittajana kautta koko alueen, siten että kullakin nykyisellä ilmastollisella tyyppillä ne ilmenevät erikoisella tavalla. Muinaisjärvivaihetta on seurannut umpeenkasvu joko *Carex*-turpeen avulla maritiimisella alueella tai terrestrisellä turpeella kontinentaalisen tyyppin alueella. Yleisenä sääntönä on tämän jälkeen, että primääriset järvet ovat laajentuneet, tai missä umpeenkasvu jo on ehtinyt tapahtua, muodostuu uusi sekundäärinen järvivaihe osoituksena kosteammasta vaiheesta. Tämänkin umpeenkasvun jälkeen nähdään selvää säännöllisyyttä, joka ilmenee siten, että pian sen jälkeen suot ovat olleet kuivan vaiheen alaiset, mistä ovat merkeinä joko kantokerrokset tai lahonnut turvelaji. Viimeisin soissa näkyvä vaihe osoittaa selvää kosteata vaikutusta. •

Soiden stratigrafiakin siis osoittaa selviä, samaan suuntaan käyviä regionaalisia kosteuden vaihteluita, jotka ilmeisesti ovat ilmastollisista tekijöistä johtuvia, etenkin, kun monessa tapauksessa on kyseessä *Sphagnum*-suot, joiden vesitalous on riippuvainen etupäässä meteorisesta vedestä.

Kun näin ollen on näytetty toteen, että kautta koko tutkimusalueen on ollut samoja säännöllisyyksiä soiden yleisessä kehityksessä, kysyttäneen, voidaanko niiden riippuvaisuus ilmastollisista suhteista sitovasti todistaa.

Kuten yleisesti on selvää, ilmastolliset vaikutukset ovat regionaalisia, mutta sen lisäksi ja ennen muita on niiden samanaikaisuus eli synkronisuus näytettävä toteen. Kun näin ollen tarvitaan kronologista pohjaa soiden koko kehityksen käsittelylle, voidaan siis lähteä joko vanhimmista ajoista nykyaikaan tai nykyajasta taaksepäin. Tämän kysymyksen käsittelyä vaikeuttaa ennen kaikkea se, että Kanadassa ei ole käytettävissä arkeologisia ajan kiintokohtia, ja edelleen se, että jääkauden jälkeisen ajan selvittely on johtanut toistaiseksi erimielisyyksiin, etenkin, mitä kronologiaan tulee. Tässä suhteessa ie nimittäin riittää se, että tunnetaan jään sulamisen jälkeisen ajan absoluuttinen pituus, jonka arvot käyvät selville ANTEVsin erinomaisista tutkimuksista, vaan tulee ottaa huomioon se, että post-

glasiaaliaikana oli järvien ja meren pinnoissa huomattavissa suuria vaihteluita. Nimenomaan jälkimmäinen tosiasia on tässä suhteessa erittäin tärkeä, koska suot ovat juuri monessakin tapauksessa kerrostuneet niille saville, jotka ovat syntyneet näiden eri järvi- ja merivaiheiden aikoina. Kun tutkimukset siis vielä toistaiseksi johtavat enemmän tai vähemmän erimielisyyttä aiheuttaviin tuloksiin, lienee syytä tarkastaa, missä suhteessa turvegeologinen tutkimus voi luoda valoa postglasiaaliajan kronologiaan. Ja ennen kuin käydään pohtimaan kysymystä soiden kerrosten absoluuttisesta kronologiasta, tarkastetaan ensin, missä määrin niiden relatiivinen kronologia tätä kysymystä voi selvittää.

Kun turpeen paksuus uusimman turvegeologisen käsitystavan mukaan on yleensä epävarma soiden iän indikaattori, kuten tutkimukset sitovasti osoittavat, jää ainoaksi menetelmäksi kvantitatiivinen siitepölytutkimus ja sen metodiikka. Euroopassa suoritettut tutkimukset osoittavat, että siitepölykärjillä voidaan suorittaa n. s. konnektiota eli käyrien kulkusuuntien mukaan rinnastaa samanikäiset horisontit keskenään. Mainittakoon heti, että Kanadassa suoritettut kvantitatiiviset tutkimukset tässä suhteessa osoittavat erittäin suurta paikallista vaikutusta m. m. siten, että kahdesta lähekkäinkin olevasta suosta tehdyt siitepölytutkimukset suuresti eroavat toisistaan viitaten eri soiden lähettyvillä vallinneeseen erilaiseen puulajikokoomukseen. Ainoastaan suurin piirtein voidaan säännöllisyyksiä todeta, kuten jo osoitettiin.

Näin ollen voidaan esim. *Picean*, *Abiesin* ja osittain jalojen lehtipuiden sekä *Tsugan* käyrillä suorittaa konnektioita.

Mutta minun käsitykseni mukaan juuri nämä suuret säännöllisyydet ovatkin tavallaan konnekteerauksen kaikkein paras tuki osoittaen, että vaikka puulajikokoomus onkin kullakin paikalla vaihdellut, niin kuitenkin yleiset ominaisuudet tulevat näkyviin. Ennen kaikkea mainittakoon puulajien siitepölyn rajat, jotka osoittavat aikaa, jolloin kyseessä olevat lajit ovat paikalle saapuneet. Niinpä *Tsugan* raja on erinomaisen selvä. Puulajien rajaan perustuvia kronologisia vertailuja tehtäessä täytyy kuitenkin ottaa huomioon se, että siitepölyn raja soiden kerroksissa on eri-ikäinen ainakin laajempia aloja silmällä pitäessä ja rajan ikäero riippuu puulajien etenemisnopeudesta. Kun tutkimusalue käsittää länsi-itäsuunnassa olevat suot eli siis samaa suuntaa noudattavat, kuin mikä on pohjoiseen päin levenevälläkin kasvistolla suurin piirtein ollut, ei eroavaisuus voi olla kovinkaan suuri. Kun sitä vastoin käyrät osoittavat suurissa piirteissä säännönmukaisuuksia kautta koko alueen, on lähin otak-

suma se, että konnektio näin käsitettynä on oikea ja voi osoittaa regionaaliset eli siis ilmastolliset vaikuttimet.

Soiden pohjakerroksien erikoisen runsas kuusipuiden ja *Abiesin* esiintyminen osoittaa kontinentaalisempaa vaikutusta, kuten kuusipuiden ominaisuuksista yleensä tunnetaan. Kun tämä kuusipuiden maksimi esiintyy erittäin selvästi myöskin maritiimisen tyyppin alueella, on selvää, että koska valtameren kostea vaikutus on ollut aina tuntuva, lienee kyseessä korkean lämpötilan vaikutus.

Kaikissa tapauksissa, joissa on kyseessä umpeenkasvu ja kuivan maan soistuminen *Carex*-turvelajeineen, on huomattava tämä maksimi, joka osoittaa, että soiden synty aika on ollut suurin piirtein sama. Sitä mukaa kuin muinaisjärvissä vedenpinta laajenee sekundääriseksi järvivaiheeksi tai kuin muodostuu uusi sekundäärinen vaihe umpeenkasvaneen tilalle, alkaa kuusipuiden ja *Abiesin* käyrä laskea nopeasti ja jalojen lehtipuiden ja muiden vaatelioiden kasvilajien esiintyminen käy runsaaksi. Mainittavaa tässä yhteydessä on, että *Tsugan* maksimi esiintyy vähän sekundäärisesti syntyneiden järvikerrosten yläpuolella osoittaen, että puulajikokoisuus on, kuten luonnollista onkin, hieman myöhästynyt kosteamman periodin ilmenemisestä soiden kerroksissa. Siitepölydiagrammain mukaan on sekundäärinen järvivaihe samanikäinen eri osissa tutkimusalueella. Edelleen käy selvästi ilmi, että seuraava kuivumisvaihekin on samanikäinen, ja sitä seuraavan kostean periodin samanikäisyyttä osoittaa kuusipuiden käyrän nousu ja vaatelioiden kasvilajien käyrän lasku.

Edelliset tulokset siis osoittavat, että kosteain ja kuivempien kerrosten vaihtelut ovat olleet synkroniset kautta koko tutkimusalueen. Se seikka, että ne lisäksi ovat regionaalisia kautta koko alueen tukeesitä oletta-
musta, että niiden aiheuttajina ovat olleet ilmastolliset syyt.

Kun näin ollen soiden kehitys on johtunut ilmastollisista tekijöistä ja noudattanut samoja, kullekin alueelle ominaispiirteisiä lakeja, lienee syytä lyhyesti tehdä selkoa eräiden selvimpien tapausten synkronisesta kehityksestä kasvipaleontologisten tulosten valossa.

Maritiimisen tyyppin alueella on Cariboun tapaus valaisevin. Siinä nähdään lämpimänä ja todennäköisesti kuivempana periodina muodostuneet järvisedimentit, joissa kuusipuiden käyrä on maksimissa. Tätä vaihetta vastaa siirtymätyypillä Newingtonin tapauksessa matalan veden vaihe, jolloin muodostui simpukkamerkeli vallintaakse ja Perthin tapauksessa matala veden vaihe, jolloin *Carex*-turve

eteni. Alfredin suossa, kontinentaalityypin alueella, kasvoi löyhällä savipohjalla vetisten reliktimäisten vettymien joukossa komea lehtipuiden metsä. Tässä vaiheessa kasvoi Cariboun järvi umpeen ja pian sen jälkeen levenee uusi sekundäärinen järvi *Carex*-turpeen päälle. Samaa vaihetta vastaa Newingtonin vedepinnan laajeneminen simpukka-akkumulaation yli ja Perthin tapauksessa vesi transgredioi *Carex*-turpeen päälle. Alfred-suossa näkyy voimakas *Amblystegiumin* vaikutus yhtenäisenä kerroksena kautta koko suon. Tänä aikana kuusipuiden vaikutus vähenee runsaan lehtipuiden tulon takia ja tämän vaiheen jälkeen heti näkyy *Tsuga* erikoisesti lisääntyneen. Kun *Tsugan* nykyinenkin levinneisyys on maritiimista, on luonnollista, että kostea periodi kuvastuu juuri tämän puulajin runsaudessa. Mutta metsän kokoomus muuttuu vain vähitellen, joten tämän periodin vaikutus näkyy vasta näiden kerrosten päällä. Kosteaa periodin aikana vesi transgredioi Cariboulla siten, että muodostuu myöskin sekundäärinen järvi alemmalle osalle profilissa, joka järvi on siitepölytutkimusten mukaan saman aikainen kuin saman suon kerroksissa oleva suurempikin sekundäärinen järvi.

Tämän jälkeen järvet kasvavat umpeen. Cariboussa toimittaa tämän umpeenkasvun *Sphagnum*, Newingtonissa etenee rehevä *Carex* suurelle järvelle. Perthissä *Carex* toimittaa niinikään umpeenkasvun, ja suon poikki virtaavan joen rannalle levenee erittäin rehevä lehtometsä turvetta muodostaen. Tämä kausi päättyy monin paikoin soiden metsittymiseen, kuten Caribou, Perth, Alfred, St. Arsene, Shippigan y. m. osoittavat, ja kaikki nämä kerrokset ovat synkroniset. Sitten alkavat ilmaston huonontuessa vaateliaat lehtipuut vähetä ja sen johdosta kuusi voittaa jälleen alaa. Kosteaa periodia ilmenee siis selvästi kaikissa, varsinkin sellaisissa tapauksissa, jolloin muodostuu sekundäärisiä järviä, kuten esim. Cariboun suossa.

Kun edellä olevaa yleistä kehitystä ja sen mukaan ilmeneviä ilmaston vaihteluita verrataan vastaaviin Euroopan tapauksiin käy vallan ilmeiseksi, että vaihtelut ovat olleet samat, joten BLYTT-SERNANDERIN jaoittelua voidaan käyttää Kanadassakin postglasiaaliajan ilmaston muutoksia selvitellessä. Kuitenkin täytynee ottaa huomioon, että eri kausien luonne on voinut olla erilainen verrattuna Euroopan vastaaviin aikoihin, ja että kunkin kauden alku- ja loppu ovat voineet mahdollisesti olla hieman eri-ikäisiä kummallakin manterella.

Näin ollen vastaa aikaisempi kuiva ja lämmin aika boreaaliaikaa, sitä seuraava kostea ja lämmin atlanttista, kuiva ja lämmin,

joka edellä mainittua seuraa, vastaa subboreaalista¹⁾ ja ilmaston muutos huonompaan päin subatlanttista. Kuitenkin mainittakoon, että atlanttinen kausi ilmenee Kanadassa selvempänä kuin monesti on asian laita Euroopassa, mutta sen paremmin subboreaalikaikaa kuin etenkin subatlanttinenkaan kausi eivät ole niin selvästi ilmenveiä kuin vastaavat kaudet vanhalla manterella.

Ottaen nyt huomioon turpeen paksuudet, lajit ja laadut sekä näiden kausien pituudet turvekerrosten paksuuteen verrattuina on mielestäni täysi syy siihen olettamukseen, että täten turvegeologisen kronologian, niin relatiivinen kuin se onkin, myös voidaan katsoa osoittavan absoluuttista kronologiaa, soiden muodostumisen aikaa, joka tässäkin suhteessa vastaa eurooppalaisia olosuhteita. Minä näin ollen luulen, että DE GEERIN konnektio, niin epämääräinen kuin se voikin olla yksityiskohdiltaan, voi olla suurin piirtein oikea. Missään tapauksessa ei DE GEERIN ja ANTEVSIN käsitysten tarvitse olla risti-riidassa näiden tulosten kanssa, sillä kyseessä olevat erimielisyydet koskevat myöhäisempää postglasiaaliaikaa ja jään perääntymistä, eivätkä sitä postglasiaaliajan vaihetta, jonka kuluessa nämä suot ovat kerrostuneet.

Kuten jo varhemmin huomautin, Kanadan subatlanttinen kausi on mielestäni loppunut, ja hieman suurempi kuivuminen ilmenee nykyjään m. m. lukuisina biologisina loppuasteina, kuten soiden metsittymisenä ja nummivaiheina *Sphagnum*-turvesoilla maritiimisella alueella. Tähän viittaa m. m. retrogressiivinen kehitys Keski-Kanadan soilla. Eräissä suhteissa löytyy tällekin vaiheelle vastaavaisuutta Euroopasta.

X. MUINAINEN KASVISTO JA KASVILLISUUS.

Edellä olevan selostuksen puitteissa saattaa nyt käsitellä muinais-kasviston vaiheita ja niitä säännöllisyyksiä, joita tutkimusaineisto antaa. Se luettelo, joka edempänä esitetään, ei voi tietenkään olla täydellinen tutkimusalueen muinaisesta kasvistosta, koska näytteiden lukumäärä sittenkin on pieni laajaan alueeseen katsoen. Sitä paitsi tulee lisäksi vielä sekin seikka, että kaikista kasvilajeista ei voida saada minkäänlaisia todisteita, koska niiden megaskooppeja enempää kuin mikroskooppejaakaan jätteitä ei voida todeta. Näin ollen jää yleensä kasvipaleontologisen tutkimuksen heikkoudeksi se, että kasvillisuuden selvittely kohtaa vaikeuksia, ja ainoa tapa päästä jonkinlaiseen tulokseen on eräiden karakterististen lajien perusteella tehdä

¹⁾ Tähän aikaan kuuluviksi lukisin eräät meren pohjalla esim. Nova Scotian rannikolla esiintyvät kannokot, joissa lehtometsäpuiden lajirunsaus on ollut suuri.

johtopäätöksiä koko kasvillisuuden kokoonpanosta. Tässä yhteydessä kuitenkin mainittakoon, että muinaisen kasvillisuuden ja kasviston selvittämiseksi ei ole käytettävänä muitakaan menetelmiä kuin kyseessä oleva kasvipaleontologinen. Sellaisia kasvilajeja, joista ei turpeessa voida ainakaan erikoisen varmasti mikroskooppisia jätteitä määrätä ja joista ei megaskooppisia jätteitä löytynyt, mainittakoon m. m. *Thuja*, *Larix*, *Acer*-lajit, joilla kuitenkin on niin tavattoman tärkeä sija nykyisessä Kanadan kasvilajikokoomuksessa.

Megaskooppisista subfossiileista mainittakoon m. m. seuraavat:

Adicea pumila L., *Alisma*, *Alnus incana* WILLD., *Asclepias*, *Batrachium trichophyllum* CHAIX., *Betula*, *Bidens*, *Boehmeria cylindrica* L., *Brasenia schreberi* GMEL., *Carex*, *Castalia odorata* AIT., *Cephalantus occidentalis* L., *Ceratophyllum demersum* L., *Chenopodium*, *Cicuta virosa*, *Cladium mariscoides* TORR., *Cornus amomum*. MILL., *Cornus circinata* L'HER., *Cornus stolonifera* MICHX., *Cyperus*, *Decodon verticillatus* L., *Eleocharis obtusa* SCHULTES., *Gaultheria procumbens* L., *Impatiens*, *Lycopus americanus* GR., *Menyanthes trifoliata* L., *Myriophyllum scabratum*, *Naias flexilis* ROSTK. & SCHMIDT, *Nymphaea advena* SOL., *Picea*, *Polygonum hydropiperoides* MX., *Potamogeton amplifolius* TUCK., *P. foliosus* RAF., *P. spirillus* TUCK., *P. zosterifolius* SCHUM., *P. pusillus* L., *Potentilla*, *Proserpinaca palustris* L., *Quercus*, *Ranunculus delphinifolius* TORR., *Rhynchospora*, *Rhus*, *Rosa*, *Rubus*, *Scirpus fluviatilis* TORR., *S. microcarpus* PRESL., *S. lacustris* L., *S. americanus* PERS., *Sagittaria latifolia* WILLD., *Sparganium*, *Tsuga canadensis* L., *Vaccinium*, *Viola*.

Näiden lisäksi on tavattu siemeniä seuraavien heimojen kasveista: *Compositae*, *Saxifragaceae*, *Scrophulariaceae*, *Umbelliferae*.

Mikroskooppisia jätteitä on tavattu m. m. seuraavista kasveista:

Abies, *Alnus*, *Betula*, *Carpinus*, *Carya*, *Corylus* tai *Ostrya*, *Fagus*, *Ilex*, *Juglans*, *Magnolia*, *Picea*, *Pinus*, *Platanus*, *Quercus*, *Salix*, *Tilia*, *Tsuga*, *Typha*, *Ulmus*, sekä jätteitä monista muistakin kuten *Polyodiaceae*-, *Chenopodiaceae*-, *Ericaceae*-heimojen kasveista. Edelleen voidaan tavata lehtipiikkejä *Ceratophyllum*ista ja solukkoa monista muistakin kasveista, kuten *Scirpus*'esta.

Carpinus, *Carya* ja monet muutkin kasvilajit ovat jätetyt siitepölydiagrammoista pois siitä syystä, että niiden esiintyminen ei aina ole aivan varmaa ja on joka tapauksessa erittäin vähäistä *Caryaa* lukuunottamatta, jota voidaan tavata paikoitellen etenkin kontinentaalisen tyypin alueella runsaastikin.

Muinaiskasvistoa koskevat tutkimukset ovat osoittaneet seuraavat säännöllisyydet kasvilajien levinneisyydessä: Vanhimmissa soiden kerroksissa on verraten köyhä

puukasvisto, jolloin kuusipuiden siitepölymäärä on erittäin suuri, sen jälkeen on puiden, etenkin jalojen lehtipuiden, siitepölymäärä erittäin runsas subboreaaliajan loppuun asti, jonka jälkeen jalojen lehtipuiden siitepölymäärä vähenee.

Monet lajit, kuten *Myriophyllum scabratum*, *Ceratophyllum demersum*, *Magnolia*, *Naias flexilis* y. m., osoittavat sekä runsaampaa että kauempaa pohjoista levinneisyyttä.

Subfossiilien esiintyminen osoittaa edelleen, että maritiimisella, kontinentaalisisella ja välityypillä on kullakin omat, joskaan ei erikoisen selvätsäänöllisyydet. Paikallisten tekijäin merkitys yksityisten kasvilajien ja kasvustojen esiintymiseen on ollut voimakas ja osoittaa suunnilleen samojasääntöjä kuin nykyjäänkin, jolloin rehevämällä mailla on rikkaampi kasvillisuus kuin karummilla.

Ja ennen kaikkea mainittakoon, että postglasiaaliaikana vallinneet ilmaston vaihtelut ovat voimakkaalla tavalla vaikuttaneet kasvilajien esiintymiseen ja niiden levenemiseen.

Jääkauden jälkeisenä aikana on todennäköisesti ollut samoja vaiheita kasvillisuuden historiassa kuin Euroopassakin: jään reunaa seurasi lyhytaikainen tundrakausi ja sitä subalpiininen kausi, jotka kapeina vöinä seurasivat perääntyvää mannerjäätikköä. Erinomaisen edulliset olosuhteet kuitenkin aiheuttivat sen, että kasvillisuuden leveneminen oli joukoittaista ja nopeata, kuten diagrammitkin osoittavat. Voidaanko nykyisiä etelämpänä esiintyviä pohjoisia kasviyhdykskuntia katsoa relikteiksi siltä vaiheelta, jolloin jää perääntyi, tai vähän sen jälkeiseltä ajalta, on kyseenalaista, kun ottaa huomioon, että postglasiaaliajan lämpökausi on ollut pitkä ja erittäin tuntuva. Siihenhän voidaan lukea boreaalinen, atlanttinen ja subboreaalinen kausi. Mutta sitä vastoin ei ole mahdotonta olettaa, että monet pohjoiset lehtometsätyypit niille ominaisine kasvilajeineen ovat reliktejä lämpökaudelta ja jääneet nykyisille paikoilleen edullisten kasvupaikkojen vaikutuksesta.

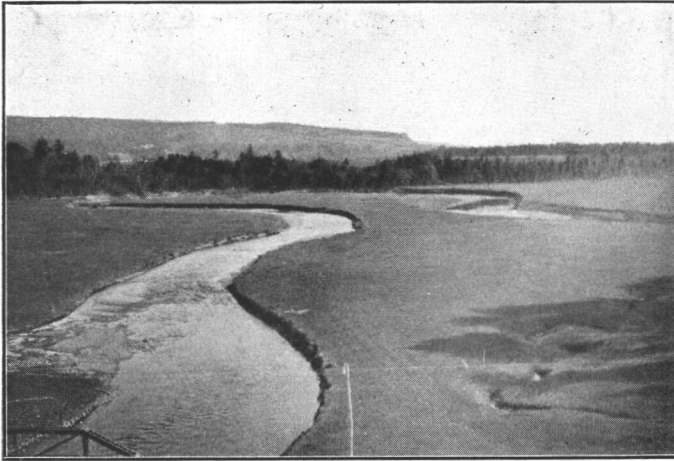
Siitepölydiagrammoista käy edelleen selville, että eräillä puilla on säännölliset siitepölyrajat, joiden

alapuolella ei niiden siitepölyä lainkaan sois-
sa esiinny. Sellaisena mainittakoon erittäin-
kin *Tsuga canadensis*, joka siistässä suhteessa
voi olla erittäin tärkeänä postglasiaaliajan
relatiivisena ja ilmastovaihtelukaavan osoit-
tautuessa todella oikeaksi eli samaksi kuin
Euroopassa, absoluuttisena ajan kiintokoh-
tana. Puiden vaellus on tapahtunut ryhmittäin, vähitellen, niin
että absoluuttista järjestystä on mahdotonta sanoa. Kuitenkin voi-
daan saada selville, että tutkittujen soiden vanhimmissa kerroksissa
on etupäässä *Pinus* ja *Picea* sekä *Abies* ja *Betula* erittäin runsaina;
sen jälkeen ovat *Ulmus*, *Corylus* ja *Ostrya*, *Alnus*, *Carya* ja *Quercus*
saapuneet Kaakkois-Kanadaan ja niiden jälkeen *Tsuga*, *Tilia*, *Juglans*
sekä vasta myöhemmin *Fagus* ja *Ilex*, joiden tarkkaa rajaa on vai-
keata todeta siitepölyn vähäisen esiintymisen takia.

Kasvilajien vaellus on tapahtunut suurin piirtein etelästä poh-
joiseen leveällä rintamalla siten, että maritiimiset lajit ovat noudat-
taneet enemmän meren vaikutuspiirin alueita. Laajemman meri-
vaiheen aikana on voinut maritiimisia merenrantalajeja levitä laa-
jemmalle. Merenrantareliktejä onkin todettavissa sisämaassa, jonne
ne aikoinaan ovat levinneet osittain seuraten meren rantaa ja mereen
laskevien suurten järvien lasku-uomia. Maan kohoaminen ja siitä
johtuvat muutokset niin hydrografisessa kuin maantieteellisessäkin
suhteessa ovat sittemmin vaikuttaneet ratkaisevasti kasvillisuuden
jakaantumiseen. Kasvilajien joukottainen leveneminen on sitäkin
ymmärrettävämpää, kun ottaa huomioon sen, että jääkauden aikana
oli jäättömiä alueita mannerjäätikön alueella. Näiden merkitys kasvi-
lajien levenemiseen on ollut huomattava.

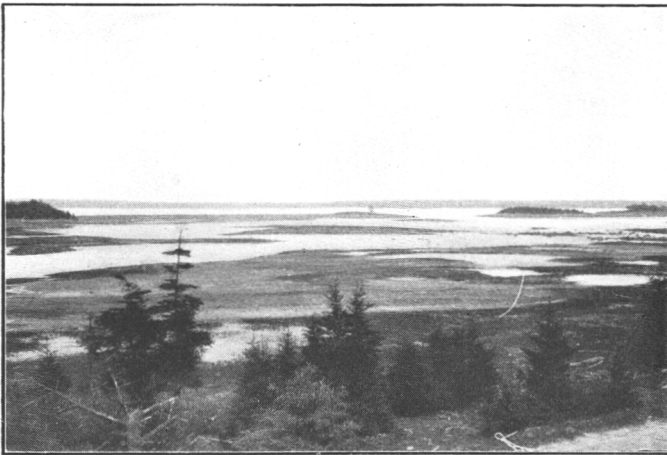
LIITTEIDEN SELITYKSIÄ.

Tutkimukseen on valittu muutamia profiileja, joiden suhteen
turvelajeja esitettäessä on noudatettu sellaista periaatetta, että
puhtaat turvelajit on merkitty erikoisin merkinnöin ja sekaturve-
lajit näitä merkintöjä yhdistellen. Niinpä on ristien ja pystysuoran
viivoituksen yhdistelmä *Amblystegiumin* ja *Carexin* sekaturvetta. Eri
lahoamisasteet ovat merkityt niin, että taajemmat merkitsevät lahoja
turvemuotoja ja harvemmat raakaa.



Ill. 1. A river is running through the shallow, flooded peat bog.
Nova Scotia.

Kuva 1. Joki virtaa matalan tulvasuon läpi. Nova Scotia.



Ill. 2. Sea-shore peat bogs at Port Latour. Nova Scotia.

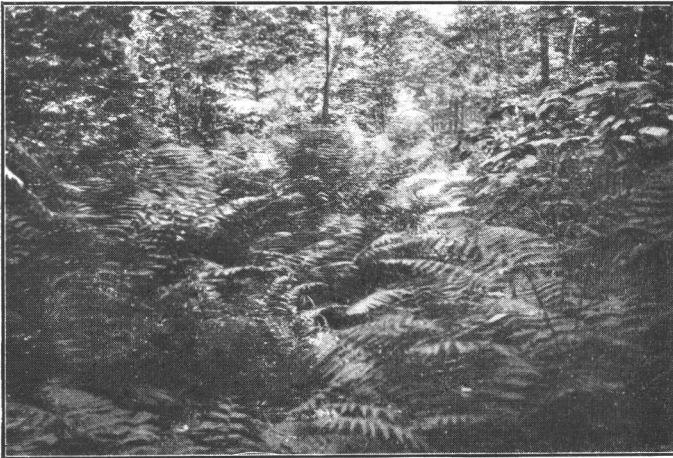
Kuva 2. Merenrantasoistumia Port Latourin luona.
Nova Scotia.



Ill. 1. Peat-shore abradated by the sea. Escuminac peat bog.
New Brunswick.
Kuva 1. Meren abradeeraamaa turverantaa. Ecuminac-suo.
New Brunswick.



Ill. 2. *Typha* swamp. Nova Scotia.
Kuva. 2. *Typha*-suo. Nova Scotia.



Ill. 1. A thick grass-herb type in the northern part of the Sagamite lake. Quebec.

Kuva. 1. Sagamite-järven pohjois-osassa oleva rehevä lehtotyyppi. Quebec.



Ill. 2. *Pinus Banksiana* forest bog in the Eal peat bog. New Brunswick.

Kuva. 2. *Pinus Banksiana*-räme Eal-suolla, New Brunswick.



Ill. 1. *Larix-Picea* forest bog. Tusket peat bog. Nova Scotia.
 Kuva. 1. *Larix-Picea*-räme. Tusket-suo. Nova Scotia.

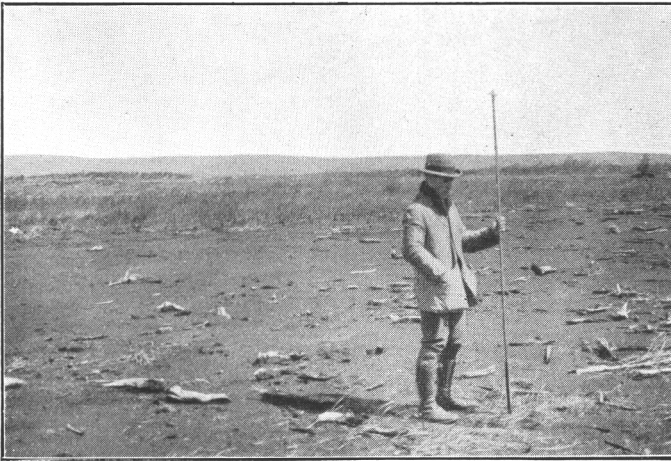


Ill. 2. *Thuja* forest bog. St. Arsene peat bog. Quebec.
 Kuva. 2. *Thuja*-räme. St. Arsene-suo. Quebec.



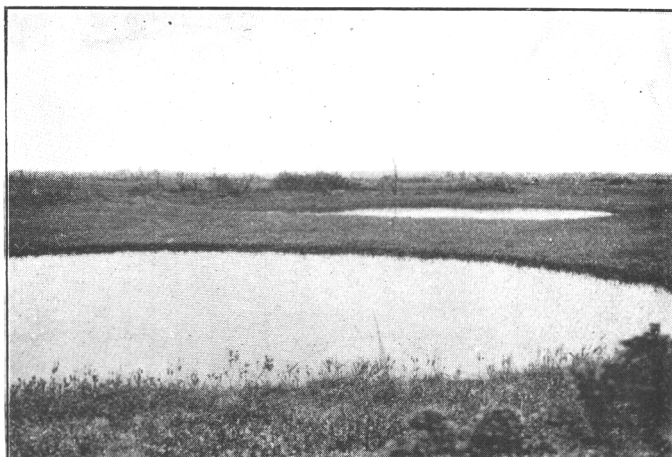
Ill. 1. Dead standing trees caused by forest fire. St. Arsene peat bog. Quebec.

Kuva 1. Metsäpalon aiheuttamaa kelokkoa. St. Arsene-suo. Quebec.



Ill. 2. Water from the inner of a high *Sphagnum* bog has erased the sloping bank of a peat bog. Caribou peat bog. Nova Scotia.

Kuva 2. Korkean rahkasuon sisästä valunut vesi on erodeerannut suon kaltevaa rinnettä. Caribou-suo. Nova Scotia.



Ill. 1. A peat bog lake complex in the Eal peat bog.
New Brunswick.

Kuva 1. Suojärvikompleksi Eal-suolla. New Brunswick.



Ill. 2. A secondary peat bog pond is filling up. Riviere du
Loup peat bog. Quebec.

Kuva 2. Sekundäärinen suolampi kasvaa umpeen. Riviere du
Loup-suo. Quebec.



Ill. 1. *Pyrus melanocarpa* peat bog. Welland. Ontario.

Kuva 1. *Pyrus melanocarpa*-suo. Welland. Ontario.



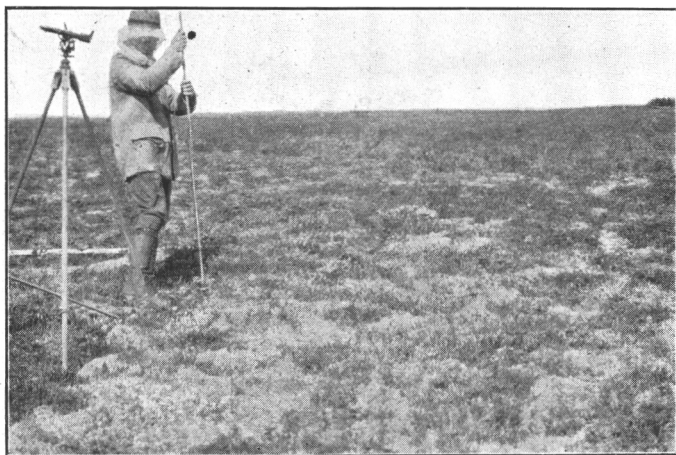
Ill. 2. *Kalmia* bog. Riviere Ouelle peat bog. Quebec.

Kuva 2. *Kalmia*-neva. Riviere Ouelle-suo. Quebec.



Ill. 2. An area which has rapidly become boggy after a forest fire. Clyde River peat bog. Nova Scotia.

Kuva 1. Metsäpalon jälkeen on alue soistunut nopeasti. Clyde River-suo. Nova Scotia.



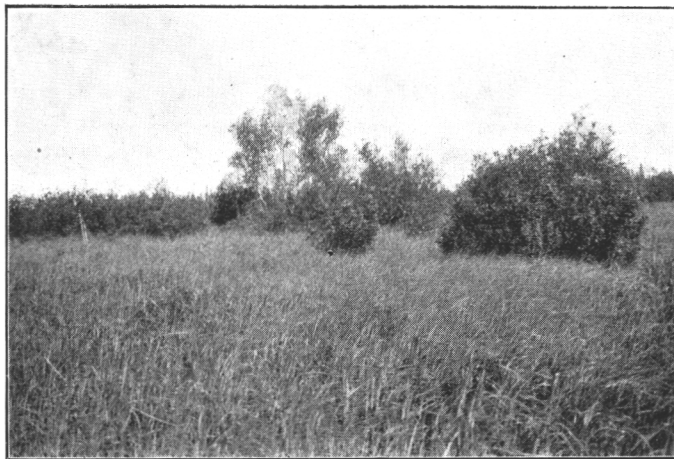
Ill. 2. *Cladina* bog which in the middle of the summer 1926 had ice under the surface. Escuminac peat bog. New Brunswick.

Kuva 2. *Cladina*-neva, joka keskikesällä 1926 oli roudassa. Escuminac-suo. New Brunswick.



Ill. 1. Among the moss of a peat bog grows *Scirpus caespitosus* as a relic of a type existing before the fire. Clyde River peat bog. Nova Scotia.

Kuva 1. Jäkälää kasvavalla suolla nousee *Scirpus caespitosus* reliktiinä ennen paloa olevalta tyypiltä. Clyde River-suo. Nova Scotia.



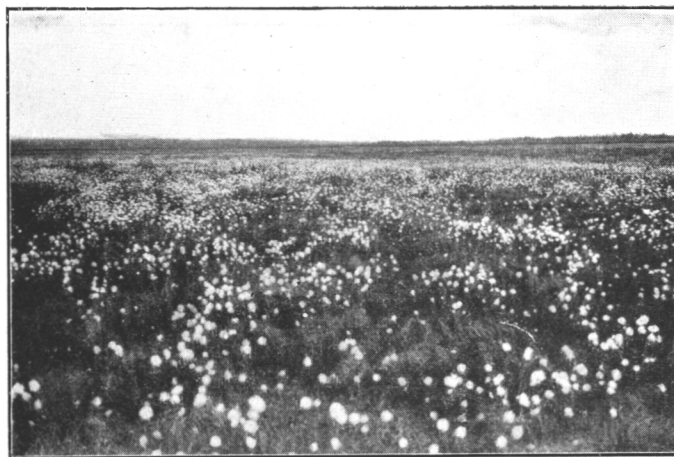
Ill. 2. *Carex-Amblystegium* bog. Hick peat bog. New Brunswick.

Kuva 2. Saraletto. Hick-suo. New Brunswick.



Ill. 1. *Scirpus caespitosus* bog. Salomon River. Nova Scotia.

Kuva 1. *Scirpus caespitosus*-neva. Salomon River.
Nova Scotia.



Ill. 2. *Eriophorum* bog. Sherryfield peat bog. Nova Scotia.

Kuva 2. *Eriophorum*-neva. Sherryfield-suo. Nova Scotia.

Photo: Väinö Auer.

**UNTERSUCHUNGEN
ÜBER DEN BAU UND DIE KEIM-
FÄHIGKEIT VON KIEFERN- UND
FICHTENSAMEN
IN FINNLAND**

VILJO KUJALA

**TUTKIMUKSIA MÄNNYN- JA KUUSENSIEMENIEN RAKENTEESTA
JA ITÄVAISYYDESTÄ SUOMESSA
SUOMENKIELINEN SELOSTUS**

**HELSINKI 1927
VALTIONEUVOSTON KIRJAPAINO**

Vorwort.

Da Herr Professor Dr. O. HEIKINHEIMO infolge von anderweitigen Amtsverrichtungen daran verhindert war, die vorliegende, von ihm in Angriff genommene Untersuchung — bei welcher Unterzeichneter anfangs nur die Ausarbeitung des den Samenbau betreffenden Teils übernommen hatte — fortzusetzen, übertrug er mir im Beginn dieses Jahres, die Ausführung und Veröffentlichung der Untersuchung in ihrer Gesamtheit. Für diesen Vertrauensbeweis, sowie für alle, mir im Verlauf der Arbeit zu Teil gewordene Hilfe, erlaube ich mir Professor HEIKINHEIMO meinen besten Dank auszusprechen. Desgleichen danke ich speziell Herrn Dr. J. KERÄNEN für die in vorliegender Untersuchung enthaltenen meteorologischen Angaben, sowie ebenfalls sämtlichen Herren Forstmeistern, Förstern und sonstigen Mitbürgern, die beim Einsammeln des Materials behilflich gewesen sind.

Helsinki 24. Juni 1927.

Der Verfasser.

Inhalt.

	Seite
<i>Vorwort</i>	III
I. Einleitung.	
1. <i>Veranlassung zur Untersuchung</i>	1
2. <i>Einsammeln des Materials</i>	2
3. <i>Behandlung und Untersuchung der Samenproben an der Versuchsanstalt</i>	4
II. Sommertemperaturverhältnisse.	
1. <i>Sommertemperatur und Reifung der Samen</i>	6
2. <i>Die Sommertemperaturverhältnisse als normal und in den verschiedenen Untersuchungsjahren</i>	7
III. Grösse und Gewicht der Samen.	
a. <i>Die Kiefer.</i>	
1. <i>Grössenschwankungen der Samen</i>	10
2. <i>Gewichtsverhältnisse der Samen</i>	10
b. <i>Die Fichte.</i>	
1. <i>Grössenschwankungen der Samen</i>	11
2. <i>Gewichtsverhältnisse der Samen</i>	11
IV. Farbe der Samen.	
a. <i>Die Kiefer.</i>	
1. <i>Literaturangaben über Farbenvariation und deren Ursachen</i>	13
2. <i>Die Farbenverhältnisse der gutentwickelten Samen</i>	14
3. <i>Die Farbenverhältnisse der schwachentwickelten Samen</i> ..	16
b. <i>Die Fichte</i>	20
c. <i>Schlussfolgerungen</i>	21
V. Farbe der Samenflügel	22
VI. Anatomischer Bau der Samen.	
a. <i>Die Kiefer.</i>	
1. <i>Bauschwankungen bei Samen</i>	23
2. <i>Klassifizierung der Samenkörner</i>	24
b. <i>Die Fichte.</i>	
1. <i>Der Bau der Fichtensamen mit dem der Kiefernnsamen verglichen</i>	29
2. <i>Klassifizierung</i>	29
VII. Anatomische Samenqualitätsklassen	33
VIII. Verbreitung der Samenqualitätsklassen in den verschiedenen Untersuchungsjahren.	
a. <i>Die Kiefer.</i>	
1. <i>Der Sommer 1923</i>	38
2. <i>Der Sommer 1924</i>	39
3. <i>Der Sommer 1925</i>	41

4.	<i>Der Sommer 1926</i>	41
5.	<i>Der Sommer 1920</i>	43
b.	<i>Die Fichte.</i>	
1.	<i>Der Sommer 1923</i>	45
2.	<i>Der Sommer 1924</i>	47
3.	<i>Der Sommer 1925</i>	47
4.	<i>Die Sommer 1926 und 1920</i>	47
IX.	<i>Über sonstige, die Samenentwicklung beeinflussende Umstände.</i>	
1.	<i>Die Expositionsverhältnisse</i>	49
2.	<i>Die Holzrasse</i>	49
X.	<i>Beobachtungen an ausländischen Samen</i>	51
XI.	<i>Keimungsversuche.</i>	
1.	<i>Das Keimen</i>	53
2.	<i>Die Keimfähigkeit in den einzelnen Entwicklungsklassen</i>	57
3.	<i>Im Sommer 1923 gereifte Kiefernnsamen</i>	58
4.	<i>Im Sommer 1924 gereifte Kiefernnsamen</i>	60
5.	<i>Im Sommer 1926 gereifte Kiefernnsamen</i>	60
6.	<i>Im Sommer 1920 gereifte Kiefernnsamen</i>	61
7.	<i>Im Sommer 1923 gereifte Fichtensamen</i>	61
8.	<i>Im Sommer 1924 gereifte Fichtensamen</i>	62
9.	<i>Im Sommer 1920 gereifte Fichtensamen</i>	62
XII.	<i>Schlussresultate</i>	64
	<i>Literatur</i>	66
	<i>Suomenkielinen selostus</i>	69
	<i>Tabellen — Taulukot</i>	93
	<i>Tafeln — Taulut</i>	107

I. Einleitung.

1. *Veranlassung zur Untersuchung.* Bäume produzieren in den Zentren ihrer Verbreitungsgebiete gewöhnlich so oft und so reichlich keimfähige Samen, dass die grundlegende Bedeutung der Samen für die Holzarten und für die Existenz des Waldes daselbst leicht übersehen wird. Dagegen tritt unter extremen Verhältnissen, wie an der Waldgrenze in nördlichen und in Berggegenden, woselbst die Knappheit der keimfähigen Samen Dürftigkeit im Jungwuchs zur Folge hat und infolgedessen bestimmend z. B. auf die Waldgrenzenverhältnisse einwirkt, die Bedeutung der Samen deutlich zu Tage.

Wie z. B. RENVALL's, HEIKINHEIMO's und LAKARI's Untersuchungen dargelegt haben, gehört ein grosser Teil der nördlichen Waldgegenden von Finnland zu Gebieten, in welchen Samenjahre von Kiefer und Fichte viel seltener als in Mittel- und Südfinnland erscheinen. Darum verjüngen sich die dortigen Wälder nur schlecht. In Gegenden, wo die Waldverjüngung am unsichersten ist, sind behufs Einschränkung der Erweiterung von waldlosen Gebieten grosse Schutzwaldgebiete abgegrenzt worden, in denen überhaupt keine, oder jedenfalls nur in äusserst beschränkter Masse, lebende Bäume gefällt werden dürfen.

Speziell die Untersuchungen von RENVALL (1912) und HEIKINHEIMO (1921) haben gezeigt, dass die Ursache zur Seltenheit von Samenjahren u. a. darin zu suchen sein dürfte, dass die Samen in den meisten Jahren nicht reifen. Und dies wiederum wird der Ungünstigkeit der klimatischen Bedingungen in den Waldgrenzengenden zugeschrieben. Die Erfahrung hat gelehrt, dass auch weiter nach Süden hin, die Keimfähigkeit der Samen in verschiedenen Jahren wenigstens einigermassen variabel ist und zwar auch hier allem Anschein nach meistens aus klimatischen Gründen.

Auf die Initiative von Professor HEIKINHEIMO nahm die Forstwissenschaftliche Versuchsanstalt in Finnland in ihr Arbeitsprogramm eine Untersuchung über den Samenertrag und die Samenqualität der Bäume sowie über die in bezug hierauf in verschiedenen Jahren und Gegenden konstatierten Schwankungen auf. Der Sommer 1923 schien vom Standpunkt dieser Untersuchungen aus einen sehr günsti-

gen Zeitpunkt darzubieten und zwar deshalb, weil die Kiefer in diesem Jahr ein besonders gutes Zapfenjahr hatte, die Witterungsverhältnisse (vor allem die Temperaturverhältnisse) des Sommers dagegen ungewöhnlich ungünstig waren. Vom Standpunkt dieser Untersuchungen aus, handelte es sich um ein in der Natur unter ungünstigen Witterungsbedingungen vorsichgegangenes gewaltiges Experiment. Es oblag der Wissenschaft die Resultate dieses Experimentes aufzuklären. Auf Veranlassung von Prof. HEIKINHEIMO wurde denn auch in diesem kritischen Jahr die in Frage stehende Untersuchung in Angriff genommen. Diese Untersuchungen bilden zugleich eine Fortsetzung und Ergänzung zu den Arbeiten, welche schon früher von HEIKINHEIMO (1920 a und 1921) zur Klärung dieser Frage in Nord-Finnland ausgeführt worden sind.

Auch in andern nordischen Ländern wurden dem aussergewöhnlich kalten Sommer von 1923, im Hinblick auf die Samenuntersuchung eine besondere Beachtung geschenkt und entsprechende Untersuchungen unternommen. Der damalige Leiter der Forstlichen Versuchsanstalt in Schweden, Professor GUNNAR SCHOTTE, ergriff die Initiative zu einer Zusammenarbeit an den Versuchsanstalten der verschiedenen nordischen Länder, behufs Klärung dieser wichtigen Frage und übersandte auch der Versuchsanstalt in Finnland seinen Untersuchungsplan, damit das Material möglichst gleichzeitig eingesammelt und die Keimung unter ähnlichen Bedingungen vorgenommen werden könnten, um die Ergebnisse aus verschiedenen Ländern miteinander vergleichbar zu machen. In vorliegender Untersuchung wurden diese Gesichtspunkte von Prof. SCHOTTE soweit möglich beachtet.

2. *Einsammeln des Materials.* Zwecks Erhaltung des Materials wurde untenstehende Anleitung zum Einsammeln ausgearbeitet und an Forstmeister und andere sachkundige Personen in den verschiedenen Gegenden des Landes geschickt.

Anleitung zum Einsammeln von Zapfen in den Jahren

Beim Einsammeln ist zu beachten:

- 1) dass die Zapfen an ein und derselben Stelle und von ein und demselben Baum zweimal gesammelt werden sollen und zwar das erste Mal um den 30. November, das zweite Mal um den 15. Februar herum;
- 2) dass je etwa 10 Liter mittelgrosser (also nicht ganz kleiner) Zapfen eingesammelt werden;
- 3) dass das Einsammeln, den lokalen Verhältnissen gemäss, in mittelaltem, auf mittelmässig gutem Boden wachsenden und mit-

teldichtem Bestande, an wenigstens 20, nicht allzu entfernt von einander stehenden Bäumen vorgenommen werden soll, die mit einem zweckmässigen Abzeichen, behufs Identifizierung beim zweiten Einsammeln, zu versehen sind;

4) dass der Sammelort auf beifolgender Karte zu vermerken ist, oder im Fall eine solche nicht beigelegt ist, von dem Ort eine so genaue Beschreibung gemacht wird, dass seine Eintragung auf eine Karte möglich ist, und seine Höhe über dem Meeresspiegel jedenfalls auf einer Karte vermerkt werden kann;

5) dass der Zapfenbeutel *sofort* nach einer jeden Einsammlung per Post an die Forstwissenschaftliche Versuchsanstalt geschickt werden soll.

Ausserdem ist an jeder Sammelstelle folgender, den Standort und die Bäume betreffende Fragebogen auszufüllen:

Angaben über die Zapfeneinsammlung 19...

Holzart:

Sammelort:

Kirchspiel:

Dorf:

Revier:

Wächterbezirk:

Örtlichkeit:

Lage:

Höhe über dem Meeresspiegel (oder Angabe darüber, ob der Ort hochbelegen, eine Ebene usw. ist):

Waldtypus (oder Angabe, ob der Boden frische oder trockene Heide usw. ist):

Beschaffenheit des Waldes (reiner Kiefernwald, Mischwald, gleichaltrig, ungleichaltrig, Baumform usw.):

Alter des Waldes (annähernd in Jahren):

Höhe der Bäume (durchschnittlich):

An wieviel Bäumen fand die Einsammlung statt?

Die Einsammlung geschah am d. J.

Die Einsammlung wurde ausgeführt von:

Adresse:

Mit ganz vereinzelt Ausnahmen, brachten die Forstmeister und die ihnen untergeordneten Förster, sowie auch alle sonstigen sachverständigen Personen, an die die Forstwissenschaftliche Versuchsanstalt sich zwecks Samenproben-Sammeln gewandt hatte, den ausgesprochenen Wünschen volles Verständnis entgegen und befolgten je nach obwaltenden Verhältnissen die Einsammelungsanleitungen sehr genau. Infolgedessen war denn auch das für diese

Untersuchung zusammengebrachte Untersuchungsmaterial sehr reichhaltig und eignete sich relativ gut dazu, ein vergleichbares Bild aus den verschiedenen Gegenden zu geben.

Neben dem, in obenbeschriebener Weise erhaltenen Hauptmaterial, wurden auch noch von Privatpersonen und -anstalten behufs Untersuchung an die Versuchsanstalt eingesandte, bereits gedarrte und entflügelte Samenproben verwendet, soweit zuverlässige Angaben über Sammelort und -zeit der Samen zu Gebote standen.

3. *Behandlung und Untersuchung der Samenproben an der Versuchsanstalt.* Die Proben langten vorschriftsmässig bald nach der Einsammlung in Zapfen in der Forstwissenschaftliche Versuchsanstalt an. Hier wurden die Samen in einer elektrisch heizbaren Darreinrichtung, in der die Wärme höchstens bis $+40^{\circ}\text{C}$ stieg, gedarrt.

Unmittelbar nach der Darrung wurde der Bau der Samen untersucht. Zu diesem Zweck wurden von den Proben je 25—50 St. ungewählte Samen ausgesondert, welche sämtlich derart gespalten wurden, dass man das Samenkorn zwischen Daumen und Zeigefinger der linken Hand fasste und dann mit einem Rasiermesser der Mitte entlang spaltete, wonach die Schnitte mit Hilfe einer starken Lupe (Mikroskopobjektiv Nr. 3) oder von oben beleuchtet, bei schwacher Mikroskopvergrösserung untersucht wurden. Mit Zuhilfenahme eines Zeichenprismas wurden hierbei eine Menge Bilder gezeichnet, um den Bau der Samen in den verschiedenen Proben zu illustrieren und später bequem zu vergleichen.

Zwecks Keimung wurden die Samen entflügelt, indem man die Samenproben in kleine Stoffbeutelchen eingeschlossen, vorsichtig zwischen den Händen rieb. Hierauf zählte man ohne Wahl 400 oder 600 Samen in Gruppen von je 200 St. aus der gemischten Probe ab. Jede Gruppe wurde dann zur Vermeidung von Verschimmeln 1 Minute in 2 ‰ Sublimatlösung gewaschen, worauf eine gründliche Spülung mit fliessendem Wasser folgte. Die ausgewaschenen Samen wurden unmittelbar in den Keimapparat gebracht. Es wurden 2 mit Elektrizität zu erwärmende Apparate JACOBSEN'schen Systems benutzt, in welchen je 144 Proben Platz hatten. Die gekeimten Samen wurden täglich gezählt und entfernt; späterhin jedoch, als die Keimung nur langsamer vorsichging, wurden die gekeimten Samen alle 3—5 Tage gezählt. Die Keimungszeit war meistens 45 Tage. Eine Menge Proben, deren Ergebnisse aus irgend einem Grund zweifelhaft erschienen, wurden nachher von neuem untersucht. Gleichzeitig wurden die Prozentbestimmungen der hohlen Samen gesondert für

sich ausgeführt, indem aus jeder Probe je 100 Samen zerschnitten wurden.

Die Keimung der Samen wurde einem geschulten Assistenten überlassen; dagegen wurde die anatomische Untersuchung in ihrer endgültigen Form vom Verfasser allein ausgeführt.

II. Sommertemperaturverhältnisse.

1. *Sommertemperatur und Reifung der Samen.* In zahlreichen Untersuchungen (es seien nur RENVALL's, SCHOTTE's, HAGEM's, WIBECK's Untersuchungen erwähnt) ist aufgezeigt worden, dass der Sommerwärme allem Anschein nach eine wichtige Rolle bei der Reifung von Samen beizumessen ist. Daher empfiehlt es sich, gleich anfangs einen flüchtigen Blick auf die Sommertemperaturverhältnisse in Finnland zu werfen.

Hierbei tritt sofort die Frage auf: Welcher Zeitraum ist hier zunächst in bezug auf die zu bestimmenden Temperaturverhältnisse zu berücksichtigen? Vorläufig gibt es hierauf noch keine genaue Antwort, und die einzelnen Forscher sind in dieser Hinsicht recht verschiedener Meinung. HAGEM (1917) zieht die Temperatur von 4 Monaten (Juni—September), WIBECK (1920) nur von 3 Monaten (Juni—August) in Betracht. Ohne Zweifel kommt auch den früheren und späteren Frühlings- und Herbstmonaten ein gewisser Einfluss zu, doch hat es den Anschein, als übe die Mittsommerwärme den tatsächlich entscheidenden Einfluss aus. Es verdient beachtet zu werden, dass die, auf die oben erwähnte verschiedene Art berechneten Sommertemperaturkurven in Finnland dermassen parallelverlaufend sind, dass es sich bei einem direkten Vergleich der Reifungsschwankungen von Samen mit den in verschiedener Art berechneten Sommertemperaturkurven nicht entscheiden lässt, welche Monaten vor allem die Reifung bestimmen.

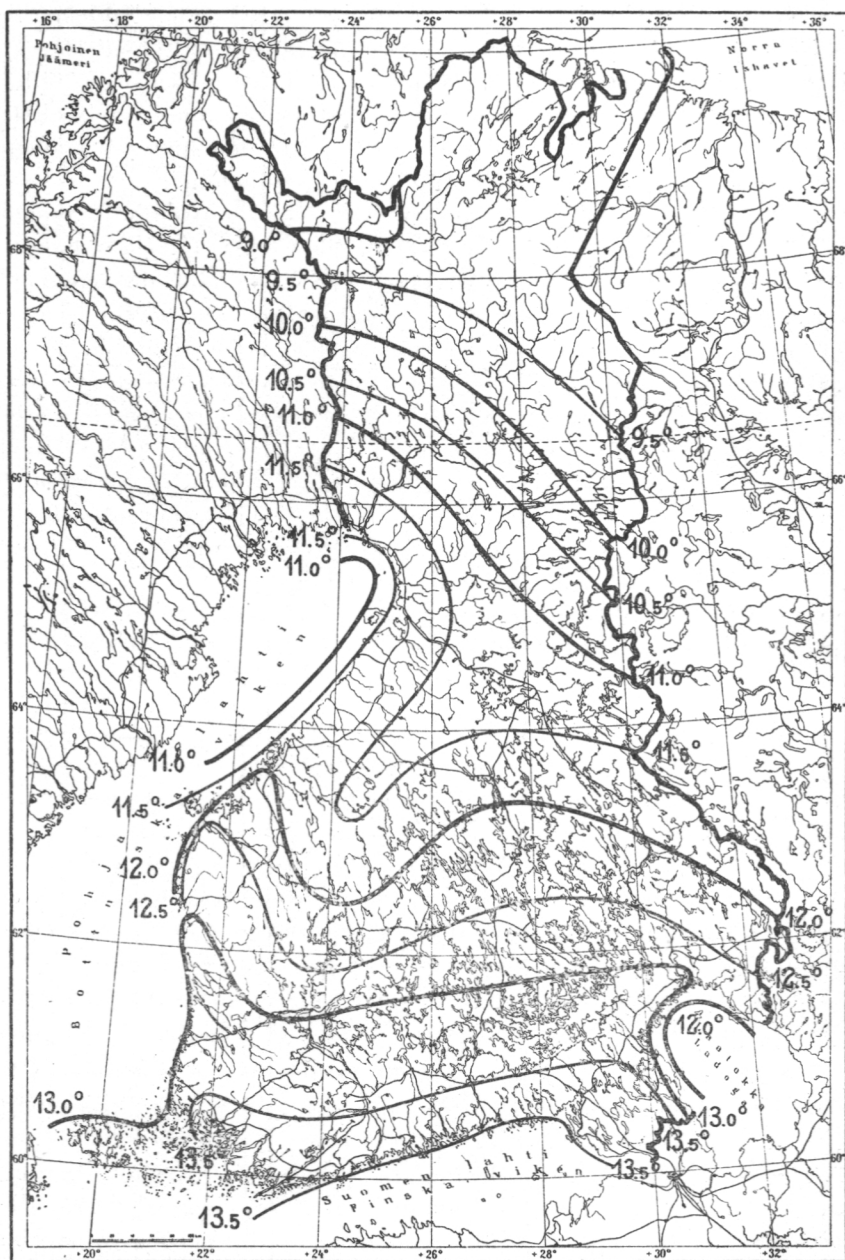
Klarheit in dieser Frage könnte erhalten werden, wenn man die Samenanlagen und Samenentwicklung in der Natur in verschiedenen Zeiten und in verschiedenen Gegenden zu verfolgen Gelegenheit hätte. Eine derartige Untersuchung ist leider bisher noch nicht ausgeführt worden. Zwecks Orientierung wurden doch im Sommer 1925 in dem Versuchsrevier von Ruotsinkylä (siehe Karte 2, Beobachtungsort 83) am 15. Juli, 1. und 15. August, sowie am 1. und 15. September Kiefernzapfen in Alkohol gesammelt. Von diesen waren die am 15. Juli eingesammelten Zapfen halbwüchsig, desgleichen waren die in ihnen enthaltenen Samen unreif und platt. In Schnitten sind die Arkegonien noch deutlich sichtbar. Am 1. August hatten Zapfen

und Samen normale Grösse, doch füllte in letzteren das Endosperm auch nicht annähernd das ganze Innere der Schale aus, sondern war platt und ein Embryo darin noch kaum zu erkennen. Dagegen füllte schon am 15. August das Endosperm das ganze Innere der Schale aus, und das Embryo war vollausgewachsen. In den späteren Proben waren keine neuen anatomischen Züge wahrzunehmen.

Nach diesen Beobachtungen zu schliessen, reiften die Samen im Sommer 1925 in Süd-Finnland schon im August und zwar hauptsächlich in der ersten Hälfte desselben. Demnach scheint das Verfahren WIBECK's (1920), nur die Sommerwärme von 3 Monaten in Betracht zu ziehen, wenigstens in günstigen Sommern für Süd-Finnland hinreichend zu sein. Da jedoch auch noch der September in ganz Finnland mehr oder weniger frostfrei ist, dürfte auch dieser Monat einen beachtenswerten Einfluss auf das Reifen der Samen haben, wenigstens kann dies in ungünstigen Jahren in Nord-Finnland der Fall sein, wo die Wachstumsperiode auch sonst schon allzu kurz ist (vgl. HAGEM 1917, S. 114; KUJALA 1924). Darum scheint es bei einer Darstellung der Sommertemperaturbedingungen in vorliegender, ganz Finnland umfassenden Untersuchung durchaus berechtigt zu sein, auch die Septembertemperatur mitzurechnen, wie HAGEM und auch SCHOTTE (1924 a) es getan haben.

2. *Die Sommertemperaturverhältnisse als normal und in den verschiedenen Untersuchungsjahren.* In seiner Arbeit gibt KERÄNEN (1925) mit Hilfe von Tabellen und Isothermenkarten die durchschnittliche Temperatur in Finnland für die 5-monatliche Sommerperiode (Mai—September) an. Die dieser Arbeit beigelegte Karte 1 (S. 8) zeigt den Verlauf der Temperaturkurven während der 4 Sommermonate: Juni—September, deren Temperatur in dieser Untersuchung aus oben angeführten Gründen als Vergleichsbasis angenommen wurde.

Prüft man die, die Mittel von 30 Jahren darstellende Karte 1, so bemerkt man, dass in normalen Jahren in Süd-Finnland die Sommertemperatur $+13.5^{\circ}\text{C}$, in den nördlichsten Teilen des Landes $9-9.5^{\circ}$ beträgt. Die Temperatur nimmt im allgemeinen nach Norden hin regelmässig ab, ausgenommen in den Küstengegenden, wo die Sommertemperatur verhältnismässig niedrig ist. Desgleichen machen die Temperaturkurven in der Wasserscheidegegend von Österbotten eine tiefe Biegung nach Süden. Auch an der Ostgrenze krümmen sich die Kurven, besonders in der nördlichen Hälfte des Landes sehr stark südwärts.



Karte 1. Isotermen (C°) für Juni—September. 30-jährige Periode.

Kartta 1. Kesä—syyskuun lämpökäyrät. 30-vuotinen jakso.

Das erste Untersuchungsjahr 1923 hatte einen kalten Sommer. Wie aus Karte 2 (S. 36) hervorgeht, herrschte in Süd-Finnland im allgemeinen eine Sommertemperatur von 12.5° und im grossen und ganzen war die Sommertemperatur um mehr als $\frac{1}{2}^{\circ}$ niedriger als normal.

Das zweite Untersuchungsjahr 1924 bot wiederum einen ungewöhnlich warmen Sommer. In Süd-Finnland herrschte, wie aus Karte 4 (S. 40) erhellt, eine Sommertemperatur von 14.5 — 15.0° und die Temperaturkurve 11.0° verläuft in Süd-Lappland an der Grenze von Sodankylä und Inari.

Das Jahr 1925, in welchem jedoch nur wenige Samenuntersuchungen gemacht wurden, war ebenfalls in bezug auf seine Temperatur ungemein günstig. Speziell war die Julitemperatur hoch und zwar um 4 — 5° höher als normal, desgleichen die Augusttemperatur um ein geringes (weniger als 1°) höher als normal, demzufolge die Sommertemperatur in Sodankylä etwa 11.8° und in Inari 10.8° betrug.

Das Jahr 1926, aus welchem wiederum reichlicheres Untersuchungsmaterial vorliegt, war in bezug auf seine Sommertemperaturverhältnisse in Nord-Finnland einigermassen normal, wohingegen es in Süd-Finnland relativ warm war, wie aus einem Vergleich der Temperaturkurven auf Karte 1 und Karte 5 (S. 42) zu ersehen ist.

Dieser Untersuchung wurde ebenfalls Material aus dem aussergewöhnlich warmen Sommer des Jahres 1920 hinzugefügt, in welchem Sommer die Temperatur in Inari ungewöhnlich hoch oder 11.4° und in Sodankylä 11.8° war (vgl. Karte 6, S. 43).

Ebenso wie in den Temperaturkurvenkarten von KERÄNEN, wurden auch in den Karten der vorliegenden Untersuchung die an einem Orte herrschenden Temperaturverhältnisse nicht zur Meeresfläche reduziert angegeben. Da in Finnland die Höhenunterschiede meistens nur sehr unansehnlich sind, war es bei dieser Untersuchung nicht nötig, ihnen weitere Beachtung zu schenken. Immerhin spielen sie in den Bergs- und Fjeldgegenden Nord-Finnlands mit Hinsicht auf die Samenentwicklung eine gewisse Rolle und an den entsprechenden Stellen soll auch auf durch Höhenverhältnisse bedingte Ausnahmen Rücksicht genommen werden. Da jedoch an den in Frage stehenden höherbelegenen Orten keine vergleichenden Temperaturbeobachtungen angestellt worden sind, fehlen uns genauere Angaben darüber, um eine wie grosse Senkung der Sommertemperatur es sich in jedem einzelnen Falle handelt.

Das Untersuchungsmaterial umfasst also Samen, die sich sowohl unter einigermassen normalen (J. 1926) und ungünstigen (J. 1923) als auch unter ungewöhnlich günstigen (die J. 1920, 1924 und 1925) Bedingungen entwickelt haben, und man darf daher hoffen, dass sich auf Grund desselben die vorliegende Untersuchungsaufgabe in der Hauptsache lösen lässt.

III. Grösse und Gewicht der Samen.

a. Die Kiefer.

1. *Grössenschwankungen der Samen.* In Finnland ist die Grösse der Kiefern Samen zweifelsohne geringer als z. B. in Mittel-Europa. Dagegen lässt sich kaum mehr — soweit man ohne genauere Messungen aus dem vorhandenen Material schliessen kann — ein Unterschied zwischen der Samengrösse von Süd- und Nord-Finnland wahrnehmen. Desgleichen scheint die Grösse der Kiefern Samen ziemlich unabhängig von den Sommertemperaturbedingungen der verschiedenen Beobachtungsorte und dem auf diesen beruhenden Entwicklungsstadium der Samen zu sein. Schwach entwickelte Samen aus Utsjoki und Petsamo dürften oft hinsichtlich ihrer Grösse im Vergleich mit südfinnischen Samen eher als grosse bezeichnet werden. Bei einer normalen Entwicklung von Kiefern- und Fichtensamen geht die Entwicklung der Samenschale voran; diese erreicht ihre normale Grösse schon dann, wenn das Endosperm noch ganz schwach, wenn nicht gar völlig unentwickelt (möglicherweise auch unbefruchtet) ist, in welchem letzteren Fall sich ein hohler Same bildet. Hieraus erhellt ohne weiteres, warum die Samengrösse relativ unabhängig von Breitengrad und Sommertemperaturbedingungen ist. Wenn es wesentliche Unterschiede gibt, dürften diese auf individuellen erblichen Eigenschaften beruhen. Unter aussergewöhnlich ungünstigen Bedingungen in der Waldgrenzengegend verbleiben jedoch auch die Zapfen¹⁾ klein und verkümmert. Die in ihnen befindlichen Samen sind dann ebenfalls (insbesondere bei der Fichte) bedeutend unter normal gross.

2. *Gewichtsverhältnisse der Samen.* Eine wissenschaftlich genaue Bestimmung des Gewichts von Samen ist augenscheinlich eine recht komplizierte Aufgabe. Es liegt auf der Hand, dass das Gewicht in sehr hohem Masse u. a. von der Grösse der Samen, dem Entwicklungsstadium und der Anzahl von hohlen Samen abhängt.

Die Samen aus dem Jahr 1923 sind nicht gewogen worden. Da-

¹⁾ In kalten Sommern sind sogar die Nadeln beträchtlich kürzer als in warmen Sommern, wie meine Beobachtungen aus Laanila in Süd-Inari zeigen.

gegen wurden von den im Jahr 1924 unter im allgemeinen vorteilhaften Temperaturverhältnissen entwickelten Samen 600 ungewählte Körner aus jeder Probe in Gruppen von je 200 Stück gewogen und auf Grund der so erhaltenen Werte das Gewicht von 1 000 Samen berechnet, das in Tabelle II enthalten ist. Wie aus dieser Tabelle hervorgeht, schwankt das Gewicht zwischen 3.015 (Beob.-Ort Nr. 14, Nurmes, Petäiskylä) — 5.502 gr (Beob.-Ort Nr. 37. Laukaa, Lievestuore). Schon im Kirchdorf von Inari (Nr. 1 c) haben wir den Wert 4.370 und in Muurola in Rovaniemi 5.445. Im allgemeinen ist jedoch der südfinnische Samen etwas schwerer. Gruppiert man die Beobachtungsorte so, dass man zum Gebiet von Lappland die Beobachtungsorte Nr. 1—5, zum Gebiet von Nord-Finnland Nr. 6—13, zum Gebiet von Mittel-Finnland Nr. 14—32 und zum Gebiet von Süd-Finnland Nr. 33—49 rechnet, so erhält man für diese Gebiete folgende Mittelwerte:

Lappland	Gewicht pro 1 000 Samen	.....	3.601 gr
Nord-Finnland	»	»	4.099 »
Mittel-Finnland	»	»	4.524 »
Süd-Finnland	»	»	4.663 »

Der Unterschied zwischen den einzelnen Gebieten ist also nach den Mittelwerten immerhin evident. Wenigstens in den Gebieten von Lappland und Nord-Finnland ist auch die Entwicklung der Samen, wie weiterhin gezeigt werden soll, schwächer, worauf das geringe Samengewicht zum grössten Teil beruhen dürfte. Wäre die Berechnung mit gut sortierten Samen bei Beseitigung von hohlen und kleinen Samen ausgeführt, so hätte man natürlich durchweg höhere Gewichtswerte erhalten.

b. Die Fichte.

1. *Grössenschwankungen der Samen.* Auch die Grösse der Fichtensamen kann in Nord-Finnland und Lappland die gleiche wie in Süd-Finnland sein und ist es auch tatsächlich oft. Nur in sehr ungünstigen Verhältnissen, wobei ebenfalls die Zapfen verkümmern, macht sich der Einfluss auch auf die Samen geltend, so dass ihre Grösse darunter leidet. Die Fichte scheint in dieser Beziehung empfindlicher als die Kiefer zu sein (vgl. HEIKINHEIMO 1922, S. 34).

2. *Gewichtsverhältnisse der Samen.* Auch der Fichtensamen ist von gleichen Umständen wie der Kiefern Samen abhängig. Allem Anschein nach sind ausserdem die Rassenunterschiede zwischen den

süd- und nordfinnischen Fichten noch grösser als bei der Kiefer. Gruppiert man die Beobachtungsorte aus dem Jahr 1924 (Tabelle VI) wie es oben für die Kiefer geschah, so erhalten wir für die verschiedenen Gebiete folgende Mittelwerte (Beobachtungsmaterial aus dem Gebiet von Lappland für das Jahr 1924 fehlt):

Nord-Finnland	Gewicht pro 1 000 Samen	.....	3.153 gr
Mittel-Finnland	» » » »	.....	4.343 »
Süd-Finnland	» » » »	.....	4.745 »

Die Gewichtsabnahme nach Norden zu ist also im Jahr 1924 für die Fichte bedeutend jähher als für die Kiefer. Dies kann auf mancherlei Umständen beruhen. Die Menge der hohlen Samen war, wie auch aus der Tabelle hervorgeht, im Norden grösser als im Süden. Worauf dies beruht, konnte nicht genügend aufgeklärt werden. Die Menge der hohlen Samen ist allerdings teilweise auf das aussergewöhnlich reichliche Auftreten von Gallmücken (*Cecidomyia*), welche im Innern der Samen schmarotzern, zurückzuführen; doch spielen hierbei augenscheinlich ebenfalls mangelhafte Bestäubung u. a. zufällige Umstände eine Rolle. Zum Teil dürften die Fichten, da die Fichtenwälder in höhergelegenen Gegenden vorkommen, auch unter ungünstigeren Temperaturbedingungen als die Kiefern gestanden haben. Welchen Einfluss ferner der Verschiedenheit der Holzrasse zukommt (die *fennica*—*obovata*-Formen), ist vorläufig noch nicht bekannt.

IV. Farbe der Samen.

a. Die Kiefer.

1. *Literaturangaben über Farbenvariation und deren Ursachen.*

Die Farbe der Kiefern Samen wechselt bekanntlich ebenso stark wie bei anderen *Pinus*-arten (vgl. z. B. die Untersuchung von PITTAUER 1914 über die Schwarzföhre, desgl. ZEDERBAUER 1908). Diese Frage wurde denn auch in der Literatur oftmals behandelt. Nach HEMPEL & WILHELM (s. 124) ist die Farbe schwärzlich, grau, hellbraun oder weisslich; die helle Farbe tritt auch oft mit dunkler Marmorierung auf. Einige Forscher (z. B. HAACK 1906) halten die hellere oder dunklere Färbung der Samen für eine Anpassung an die verschiedenen Belichtungsverhältnisse der einzelnen Gegenden; starkbelichtete Orte haben dunkle, schwachbelichtete (u. a. die nördlich belegenen) wiederum helle Samen. Auch SCHOTTE (1905) vermutet, dass die Samenfarbe an verschiedenen Orten verschieden, und zwar im Süden am dunkelsten ist. SCHMIDT (1926 a) wiederum vertritt die Ansicht, dass die helle Färbung der reifen Samen als eine Folge von Abschürfungen bei der Entflügelung zu betrachten und derselben also keine Bedeutung als Ausweis für den Heimort der Samen beizumessen ist. Er hat auch soweit recht, dass man wirklich oft eine bedeutende Bleichung der Samenfarbe in Folge solcher Reibungen beobachten kann. Es ist jedoch bei genaueren Untersuchung meistens leicht zu entscheiden, wann es sich um eine solche, nicht natürliche Samenfarbe handelt.

Für unsere Verhältnisse sind SCHOTTES (1905) Untersuchungen über die Samenfarbe von Wert, nach welchen sie in den nördlichsten Bezirken von Schweden einfarbig hellbraun ist. Übrigens wechselt die Farbe nach SCHOTTE recht stark und sind die gewöhnlichsten Farbentöne: schwarz, nussbraun, hell lederfarben, umbrabraun, kastanienbraun, dunkelbraun und rahmgelb. Die verschiedenen Farbentöne gehen nur allmählich in einander über. SCHOTTE veröffentlichte auch eine Farbentabelle für Kiefern Samen, die jedoch, ebenso wie die später von SYLVÉN herausgegebene, nicht sehr gelungen ist. Immerhin lassen sich mit ihrer Hilfe viele Farbentypen identifizieren. Nach ENGLER (1913 S. 272) sind ebenfalls in den höchst

belegenen Gegenden der Alpen die Samen heller als in den Niederungen. Doch gibt es lokale Ausnahmen von dieser Regel.

Nach HAGEM (1917) sind die Samen ein und desselben Baumes in ein und demselben Jahr vollkommen gleichfarbig (mit Ausnahme der hohlen Samen, die heller sind). Eventuell wechselt die Farbe je nach dem Reifegrad um ein wenig. In Übereinstimmung mit SCHOTTE konstatiert auch HAGEM ein Hellerwerden der Samen nach Norden hin und in den höheren Fjelden, wo die Farbe durchweg braun — hellbraun ist. In seiner Untersuchung über die nordschwedische Kiefer, nimmt SYLVÉN, nach SCHOTTE, auch die Samenfarbe als Kennzeichen der nordschwedischen Kiefer [**lapponica* (Fr.) Hn.] an. Die Grundfarbe dieser Samen ist braun; es kommen jedoch ebenfalls dunkelbraune — schwarze und hellgelbe — weisse Farbentypen vor.

2. *Die Farbenverhältnisse der gutentwickelten Samen.* Da die zu untersuchenden Samen in Zapfen in der Forstwissenschaftliche Versuchsanstalt ankamen, erboten sie ein geeignetes, gut erhaltenes Material auch zur Klärung der Samenfarbenfrage. Doch soll in bezug auf das zu Gebote stehende Material gleich der Einwand erhoben werden, dass die Samen einer jeden Probe von so wenigen Bäumen (von etwa 20, zuweilen noch weniger Bäumen) entstammen, dass man auf Grund derselben allem Anschein nach nicht erwarten kann, ein genaues Bild über die allgemeine Samenfarbenverhältnisse der in Frage stehenden Gegenden zu erhalten. Dagegen gibt unser reichhaltiges Material allem Anschein nach ein vorzügliches Gesamtbild von den Samenfarbenverhältnissen in Finnland.

Bei einer Prüfung der Farbe von gutentwickelten Samen zeigt es sich, dass sie im allgemeinen von grauweiss bis schwarz wechselt. Doch lassen die Samen sich ungesucht in drei Hauptgruppen einteilen: 1. in schwarze und schwarzbraune (oft schwarz punktierte), 2. in gelbe und gelbbraune (meist mit schwarzer Punktierung) und 3. in grauweisse (gewöhnlich dünn schwarzpunktierte). Hierbei sind jedoch die hellen hohlen Samen ausser Acht zu lassen. Die Oberfläche der schwarzen Samen ist gewöhnlich glatt, desgleichen ebenfalls die der gelbgründigen, wohingegen die Oberfläche der weissen Samen meist rauh ist. Ausnahmsweise findet man zuweilen rauhe schwarze Samen und sehr oft kommen rauhe gelbe Samen vor. Tafel I Fig. 1 stellt vollentwickelte Samen dar. In den rechts abgebildeten weissgrauen Samen sind die Knoten an der Schalenoberfläche zu sehen; an den mittleren, gelben, sind deren nur einige und an den links abgebildeten schwarzen Samen überhaupt keine vorhanden. Die Frequenzverhältnisse dieser Hauptfarbentypen variiert in den einzelnen Proben

recht beträchtlich, was jedoch auch auf der im obigen erwähnten geringen Anzahl der Mutterbäume an den verschiedenen Einsammlungsstellen beruhen dürfte. Jedenfalls scheinen meist schwarze, etwas weniger gelbe und weisse noch seltener als gelbe vorzukommen. In einem gewissen, im Versuchsgebiet von Veikkola im Winter 1926—27 eingesammelten grossen Samenvorrat waren diese Farbentypen derart verteilt, dass es 6.7 % weisse, 25.4 % gelbe und 67.9 % schwarze Samen gab. Am reichlichsten kamen weisse Samen in der Probe aus Hämeen kangas aus dem J. 1926 vor, in welcher sie über die Hälfte der Samen ausmachten. Vergleichshalber mag erwähnt sein, dass es in einer aus Ungarn (Hochschule für Berg- und Forstingenieure in Sopron) im Winter 1926—27 eingesandten Kiefern-samenprobe 13.9 % weisse, 28.6 % gelbe und 57.5 % schwarze Samen gab.

Wenn wir den inneren Bau der verschiedenfarbenen Samen untersuchen, so lässt sich in bezug auf denselben kein auffälliger Unterschied bemerken. Dagegen zeigen die Keimungsversuche, dass die weissen Samen bei weitem schneller keimen als die schwarzen. Zu demselben Resultat gelangte schon früher TH. CANNELIN (1900) bei Keimungsversuchen mit schwarzen und weissen südfinnischen Kiefern-samen. SCHWAPPACH (1906) wiederum kam bei Versuchen mit deutschen Samen zu dem Ergebnis, dass der Keimungsprozent bei hellen Samen niedriger als bei dunklen Samen ist. Er hatte allem Anschein nach versäumt, bei seinen Versuchen die hohlen hellen Samen auszuscheiden, und lässt sich hieraus sein Resultat erklären. Dagegen erzielte HAACK (1906 S. 454) die gleichen Ergebnisse wie CANNELIN. Auch in der obenerwähnten ungarischen Probe keimten die hellen Samen schneller, wie aus untenstehender Tabelle ersichtlich ist. Am 22/IV 1927 wurden von den Samen einer jeden Farbe je 2 Proben zu 200 Samen abgesondert und gekeimt. Der Keimungs-% war

	26/IV	27/IV	28/IV	29/IV	30/IV	2/V	11/V
schwarze	0	8.0	25.5	62.5	78.3	89.3	93.5
gelbe	0	6.0	23.5	63.5	83.8	92.0	99.0
weisse	0.5	13.3	43.0	78.5	87.0	93.2	96.0

Die Differenz in der Keimungsgeschwindigkeit zu Gunsten der weissen Samen ist deutlich wahrnehmbar, in den Keimungsprozenten ist sie so gut wie garnicht vorhanden.

Beim Zerschneiden von Samen zwecks anatomischer Untersuchung fällt auf, dass die Schale der weissen Samen eingermassen spröder und dünner ist als die der schwarzen. Diese Beobachtung

liess sich auch durch Mikrometermessungen bestätigen. Es ist sehr wohl möglich, dass die grössere Keimungsschnelligkeit der weissen Samen auf dieser Eigenschaft beruht. Dank ihrer dünnen Schale können sie schneller als die schwarzen Samen die zur Keimung erforderliche Feuchtigkeit aufsaugen. Zur Aufklärung der Frage wurde folgender kleine Versuch gemacht:

50 weisse, gelbe und schwarze Samen wurden gleichzeitig in mit Wasser gefüllte kleine Glaszylinder gelegt. Nach Verlauf von 2.5 Stunden waren 4 weisse Samen untergesunken, dagegen noch kein gelber oder schwarzer; nach 6 Stunden im ganzen 28 weisse, 20 gelbe und 21 schwarze, nach Verlauf von 22 Stunden waren sämtliche Samen gesunken. Ein wiederholter Versuch ergab das gleiche Resultat. Demnach hat es allen Anschein, als ob die Schalen der weissen Samen das Wasser schneller durchliessen als die der anderen, und dass die Differenz in der Keimungsgeschwindigkeit direkt auf diesem Umstand beruhen könnte. Diese Schlussfolgerung dürfte trotz der von LAKON (1911) bei seinen Versuchen erzielten Ergebnisse gezogen werden. LAKON untersuchte speziell die Wasseraufnahmefähigkeit von dickschaligen Samen (*Pinus Peuce* und *P. cembra*) und bemerkte, dass sie schon nach 24—48 Stunden ihr Schwellungsmaximum erreichten. Es folgert nun, dass eine langsame Keimung nicht auf der Dicke der Schale beruht. Hierauf kann entgegnet werden, dass erstens 24 Stunden schon an und für sich eine relativ lange Zeit darstellen, und zweitens, dass es sich nicht nur um ein einfaches Durchnässtwerden, sondern um eine dauernde, dem Wachstum förderliche Durchlässigkeit für Wasser u. a. Stoffen handelt.

Künftige Untersuchungen sollten genaueren Aufschluss darüber geben, wie regelmässig die besprochenen und etwaige andere physiologische Eigenschaften bei Samen von einer bestimmten Färbung auftreten. Diese Umstände dürften z. B. bei Holzrassenuntersuchungen von Bedeutung sein, da allem Anschein nach die Farbe des vollausgereiften Samens und die daran gebundenen korrelativen Eigenschaften erblich sind. Die Unterscheidung von verschiedenen Kiefernvarietäten auf Grund der Samenfarbe wird jedoch durch den Umstand erschwert, dass sämtliche schwarzen und gelben Samen in bezug auf ihre Farbe nicht ganz identisch sind. Auch in der Klasse der weissen Samen kommen Schwankungen vor. Die Frage von der Möglichkeit einer Abscheidung von vollkommen identischen Farbentypen verbleibt unsererseits offen.

3. *Die Farbenverhältnisse der schwachentwickelten Samen.* Trotzdem es bekannt war, dass die schwachen Samen der nördlichen Gegenden gewöhnlich eine andere (hellere) Färbung als gutentwickelte

Samen haben, wurde diese Frage doch noch bisher nicht genügend beachtet. HAGEM z. B. stellt hinter seine Behauptung, dass die Farbe sich je nach dem Reifegrad verändert, ein Fragezeichen. Andere Forscher haben die Bauvariationen der Samen und die auf Grund derselben zu bestimmenden Reifegrade überhaupt nicht genauer untersucht, daher es verständlich ist, dass dieses Korrelationsverhältnis im allgemeinen ohne Beachtung verblieb.

Bei einer Prüfung der Farbe der Samen aus Nord-Finnland und Lappland, fällt einem auf, dass ihre Farbe um so mehr von dem oben dargestellten abweicht, je ungünstiger die Temperaturverhältnisse waren, unter denen sie sich entwickelt haben. Nichtsdestoweniger lassen sich auch noch bei augenscheinlich schwachentwickelten Samen einige Hauptfarbentypen unterscheiden, die sich in den verschiedenen Proben häufig wiederholen. Manche von diesen scheinen sich mit Übergangsstadien an bestimmte Farbentypen von gutentwickelten Samen anzuschliessen, wenschon unsere Untersuchung in dieser Beziehung noch einer, sich auf Spezialmaterial gründenden Ergänzung bedarf. (Es sollte der ganzen Farbenvariationskala eines Baumindividuums im Verlauf verschiedener Jahre Beachtung geschenkt werden; auf diesem Wege dürfte die Zusammengehörigkeit von verschiedenen Farbentypen am leichtesten und sichersten festgestellt werden.)

Zwecks Farbenanalyse wurden in vorliegender Untersuchung folgende 12 Farbentypen von schwachentwickelten Samen unterschieden:

- A. Einfarbig weiss (Tafel I Fig. 2 f).
- B. » hellgelb (T. I Fig. 2 e. Auf der Photographie ist die Farbe viel zu dunkel).
- C. Grau, mit helleren Rändern.
- D. Braungrau, einfarbig.
- E. Braune Aschenpunkte auf weisslichem Grunde.
- F. Braune Streifen auf weisslichem Grunde (Tafel I Fig. 2 d).
- G. Wie im vorigen, doch bedeckt die schwarzbraune Farbe die Grundfarbe beinahe völlig, wodurch der Samen nahezu schwarzbraun erscheint.
- H. Gelbweisser oder gelbgrauer Grund mit schwarzer Marmorierung (Tafel I Fig. 2 b und c).
- I. Auf gelbweissem Grunde einige wenige schwarze Flecke.
- K. Auf braungrauem Grunde einige wenige schwarze Flecke.
- L. Auf schwarzgrauem Grunde schwarze Flecke.
- M. Auch die Grundfarbe schwarz (Tafel I Fig. 2 a).

Nach bisherigen Beobachtungen scheint Typus I, ebenso wie Typus B und D, sich später zu gelben, Typus H oft zu weissen Samen zu entwickeln, C und K wiederum verändern sich zu schwarz (ähnlich den dem L-Typus zugehörenden Samen). E, F und G dürften eine selbständige Entwicklungsserie bilden, deren Endergebnis gleichfalls ein fast schwarzer Samen ist. Hiernach sieht also der Samen eines bestimmten Typus in schwach entwickeltem Zustand ganz anders aus als in gut entwickeltem Zustand. Die schwarze Farbe tritt anfangs als hellere graue oder graubraune Grundfarbe, die gelbe nur als schwach ins gelbliche spielende Grundfarbe auf. Als Anfangsstadien der weissen Samen kommen häufig hellgründige, schwarz marmorierte Samen, die in ihrem Anfangsstadium viel dunkler als im Endstadium sind, vor. Die dunkelsten Farbentypen (L und M, meistens auch G und H) kommen unter den am schwächsten entwickelten Samen nicht vor. Die im vorigen Abschnitt besprochenen, grauweissen und gelben Farben treten nicht bei schwach oder einigermaßen schwach entwickelten Samen auf, wohingegen schwarze Samen (M) schon in den besseren Proben vorkommen. Der ungewöhnlich kalte Sommer 1923 und der darauf folgende, ganz besonders warme Sommer 1924 liefern ein geeignetes Vergleichsmaterial zur Lösung der Frage, inwiefern die Samen ein und derselben Gegend bei schwacher und guter Entwicklung sich in bezug auf ihre Färbung verändern. Die hier folgende Tabelle gibt die Farbe in den erwähnten Sommern aus einigen Beobachtungsorten an. (Die Farbentypen wurden mit denselben Buchstaben wie oben bezeichnet.) Ausserdem ist in Kolumne N das Vorkommen der gelben und in Kolumne O das der grauweissen gutentwickelten Samen angegeben.

Ort	Entwick- lungs- Klasse ¹⁾	Farbentypen															
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	K	L	M	N	O		
Inari	1923	O—I A	+	+	—	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
»	1924	O—III	+	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Sodankylä ..	1923	O—I A	+	—	—	—	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
» ..	1924	O—V	+	—	—	—	—	—	+	—	+	+	—	—	—	—	—
Kemijärvi ..	1923	O—I B	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
» ..	1924	O, III—V	—	—	—	—	—	—	+	+	+	+	—	+	—	—	—
Kolari	1923	O—I B	+	—	+	—	+	+	—	+	+	—	—	—	—	—	—
»	1924	O—I A, III—V	—	—	—	—	—	—	+	—	+	+	—	+	—	—	—
Kuusamo ...	1923	(O—) I A (—II)	+	—	—	—	+	+	+	—	—	+	—	—	—	—	—
»	1924	O, III—V	—	—	+	—	—	—	—	—	—	+	+	—	+	—	—
Taivalkoski .	1923	O—I B (—III)	+	—	+	—	—	—	—	+	+	+	—	—	—	—	—
» ..	1924	O—I A, III—V	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—
Rovaniemi ..	1923	O—I B (—III)	+	+	+	—	—	—	+	+	—	+	+	—	—	—	—
» ..	1924	O, IV—V	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	+	—	+
Suomussalmi	1923	O—III	+	—	—	—	—	—	+	+	—	+	+	—	—	—	—
» ..	1924	O—I A, IV—V	—	—	—	—	—	—	+	—	+	—	+	+	+	—	—
Puolanka ...	1923	O—II	+	+	+	—	—	—	—	+	—	—	+	—	—	—	—
»	1924	O—I A, IV—V	—	—	—	+	—	—	+	—	—	—	—	+	+	—	—
Sievi	1923	O, I B—V	—	—	+	—	—	—	—	+	—	+	+	—	—	—	—
»	1924	O—I A, IV—V	—	—	—	—	—	—	—	+	—	—	—	+	+	—	—
Perho	1923	O—IV	—	—	—	—	—	—	—	+	+	—	+	—	—	—	—
»	1924	O—I A, IV—V	+	+	—	—	—	—	—	—	—	+	+	—	+	+	—
Ätsäri	1923	O—I A, II—V	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	+	+	—	—	—
»	1924	O—I A, IV—V	—	—	—	—	—	—	—	+	—	—	—	+	+	+	—
Teuva	1923	O—III (—IV)	+	+	+	+	—	—	—	—	—	+	+	—	—	—	—
»	1924	O, IV—V	—	—	—	—	—	—	—	+	—	—	+	—	+	—	—
Konginkangas	1923	O—IV (—V)	+	+	—	—	+	—	—	+	+	—	—	—	—	—	—
» ..	1924	O—I A, IV—V	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	+	—	—
Orivesi	1923	O, I B—V	—	—	—	—	—	—	—	—	+	+	—	+	+	—	—
»	1924	O—I A, IV—V	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	+	—	—
Padasjoki ...	1923	O, (III—) V	—	+	—	—	—	—	—	—	+	—	+	—	+	—	—
»	1924	O, V	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	+	—	—
Pieksämäki .	1923	O—V	—	—	—	—	+	—	—	—	—	+	+	—	—	—	—
» ..	1924	III—V	—	—	—	—	—	—	+	—	—	+	+	—	+	—	—
Punkaharju .	1923	O, III—V	—	—	—	+	—	—	—	—	—	+	+	—	—	—	—
» ..	1924	O, IV—V	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	+	+	+	—
Raivola	1923	O, V	—	—	—	—	—	—	—	+	—	—	+	+	—	+	—
»	1924	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	+	—	+	—

Wie aus der Tabelle erhellt, verändert sich überall die Farbe der Samen je mit deren Entwicklungsstadium in der Art wie oben ausinandergesetzt wurde.

¹⁾ Die aufeinanderfolgenden Entwicklungsklassen O, IA, IB, II, III, IV, V werden weiter vorne (S. 24—32) genauer beschrieben und definiert.

Der Entwicklungszustand der Samen von verschiedenen Farbentypen wurde oft an Samen ein und derselben Probe speziell untersucht und hierbei oft Unterschiede festgestellt. Als Beispiele mögen folgende Analysen gelten.

1. Jahr 1923, Kuolajärvi Salla.

Entwicklungs-klasse	O	I A	I B	II	III	IV	V
Farbentypus B	30 %	36 %	34 %	—	—	—	—
» H	33 %	33 %	34 %	—	—	—	—
» F	12 %	72 %	16 %	—	—	—	—

Die braungestreiften Körner sind also schwächer entwickelt als die gelben und marmorierten.

2. Jahr 1923, Kestilä.

Entwicklungs-klasse	O	I A	I B	II	III	IV	V
Farbentypus C	10 %	10 %	—	10 %	60 %	10 %	—
» L	—	—	5 %	10 »	35 »	50 »	—

Die schwarzen Samen sind demgemäss besser als die grauen.

3. Jahr 1923, Nurmes Petäiskylä.

Entwicklungs-klasse	O	I A	I B	II	III	IV	V
Farbentypus K	—	10 %	—	20 %	55 %	15 %	—
» B	16 %	64 »	8 %	4 »	8 »	—	—

Die grauen Samen sind also in dieser Probe besser als die hellgelben. — Weitere ähnliche Beispiele könnten mehrfach aufgezählt werden. Unsere Beobachtungen berechtigen jedoch nicht zu bestimmten Schlussfolgerungen, weil nicht dargelegt wurde, wie stark der Entwicklungszustand der Samen von einem gegebenen Farbentypus z. B. an verschiedenen Baumindividuen wechseln kann.

b. Die Fichte.

Die Farbenvariation der Fichtensamen entspricht einigermaßen der bei den Kiefern Samen. Gutentwickelte Fichtensamen sind jedoch mehr einfarbig schwarzbraun. Schwachentwickelte nordische Samen sind lichter gefärbt und zum Teil braungestreift. Die Nord-

grenze des lichten Samens variiert den Sommertemperaturverhältnissen gemäss ebenso stark wie bei der Kiefer.

c. Schlussfolgerungen.

1. Die Farbe der Kiefern- und Fichtensamen variiert aus Erblichkeitsgründen. Hauptfarbentypen der gutentwickelten Kiefern-samen sind schwarz, braungelb und grauweiss. Doch gibt es Variationen in diesen Haupttypen.

2. Die Farbe des Samens verändert sich auch mit dem Entwicklungsstadium des Samens sehr wesentlich. Bei schwachentwickelten Samen lassen sich eine Menge hellere Farbentöne unterscheiden, die sogar in Nord-Finnland in genügend günstigen Sommern in die Farbentöne der reifen Samen übergehen. Infolgedessen bedarf die Behauptung, dass der nördliche oder alpine Kiefern-samen sich von den Samen der südlichen oder tiefer gelegenen Gegenden durch eine hellere Färbung unterscheidet, insofern durchaus der Ergänzung, dass diese hellere Färbung auf dem schwachen Entwicklungsgrad der Samen beruht. Überall wo auch in südlicheren Regionen der Samen sich schwach entwickelt, verbleibt ebenfalls die Farbe hell und umgekehrt. In früheren Untersuchungen wurde das korrelative Verhältnis zwischen Samenfarbe und Samenbau nicht genügend beachtet.

Da sich weder in Nord-Finnland, noch an den alpinen Waldgrenzen so gut wie nie vollentwickelte Samen bilden, kommt die eigentliche endgültige Samenfarbe dieser Gegenden an den natürlichen Wuchsorten beinahe niemals zum Vorschein. Deswegen kann sie nicht ohne weiteres als systematisches Kennzeichen angesehen werden.¹⁾

3. Nichtsdestoweniger kann man aus der Farbe der Samen mit grosser Wahrscheinlichkeit folgern, ob der Samen gut oder schwach entwickelt ist und also bis zu einem gewissen Grad auch Schlüsse auf seinen Heimatsort ziehen.

4. In einigen Fällen sind an den Samen verschiedener Farbentypen spezielle strukturelle und physiologische Eigenschaften zu bemerken. Zu einer eingehenderen Darstellung dieser Verhältnisse sind jedoch Spezialuntersuchungen nötig.

¹⁾ Beiläufig sei erwähnt, dass ZEDERBAUER (1908) und PITTAUER (1914) die gefleckten Samen für Kreuzungsergebnisse halten—doch begründen sie diese ihre Vermutung in keiner Weise.

V. Farbe der Samenflügel.

In diesem Zusammenhang mögen auch die Farbenverhältnisse der Samenflügel kurz besprochen werden, da sich gute Gelegenheit zu diesbezüglichen Beobachtungen bot.

Im Material von 1923 schwankt die Farbe der Kiefernnsamenflügel von gelbweiss in Nord-Finnland bis schwarzbraun in Süd-Finnland. Die letztgenannte Färbung tritt südwärts von der 12—12.5°-Sommertemperaturkurve auf. Als Zwischenstufen kommen rötlichbraune und braune Farbtöne vor. Der Flügelrand ist oft bedeutend dunkler als die Mittelpartie. In ein und derselben Probe kann man oft gelbbraune und braune Flügel finden. Dagegen ist die Farbe an ein und demselben Baum allem Anschein nach identisch.

Im Jahre 1924, woselbst in den südlichen Teilen des Regierungsbezirks von Oulu eine ebenso hohe Sommertemperatur wie im J. 1923 in Süd-Finnland herrschte, schwankt die Flügelfarbe von braun, welche Farbe man schon in Utsjoki konstatieren kann, bis schwarzbraun, wie es schon an den Samen von Sodankylä ziemlich deutlich zu Tage tritt. Bei Samen von noch südlicheren Gegenden sind die Flügel beinahe ausnahmslos schwarzbraun.

Ein Vergleich legt also deutlich dar, dass die Hauptflügelfarbe bei gutentwickelten Samen sowohl in Süd- als in Nord-Finnland schwarzbraun ist, und dass die schwächer entwickelten Samen stets eine hellere, entweder braune oder gelbweisse Flügelfarbe haben. Die Nordgrenze der schwarzbraunen Flügelfarbe wird durch die Sommertemperatur bestimmt. Jedoch lassen sich zwischen den einzelnen Baumindividuen Schwankungen feststellen. Samenfarbe und Flügelfarbe sind nicht unmittelbar voneinander abhängig. Dagegen scheint zuweilen die Zapfenfarbe die Flügelfarbe zu bestimmen. Als Beispiel sei angeführt, dass sich in einer von Forstmeister E. AF HÄLLSTRÖM im Winter 1926—1927 in Kuusamo eingesammelten Zapfenprobe, ausser gelblich- und grünlichgrauen Zapfen ebenfalls eine grosse Anzahl chokoladenbrauner Zapfen befinden. Die Samenflügel in letzteren sind mehr braun gefärbt als die der grauen Zapfen. Dies beruht keineswegs auf einer vorgeschritteneren Entwicklung, denn die Samen der braunen Zapfen sind zum grössten Teil etwas schwächer entwickelt als die der grauen.

VI. Anatomischer Bau der Samen.

a. Die Kiefer.

1. *Bauschwankungen bei Samen.* Wie schon SCHOTTE (1905, S. 108), HAGEM (1917, S. 96), WIBECK (1920, S. 15—16) und HEIKINHEIMO (1921, S. 41—45) in ihren Untersuchungen dargelegt haben, verändert sich der anatomische Bau der Kiefern Samen derart, dass je höher auf den Fjelden und je nördlicher die Samen wachsen, desto schwächer entwickelt sind die Embryonen, oder fehlen sogar gänzlich, worauf dann die schwache Keimkraft oder völlige Keimunfähigkeit solcher Samen beruht. In der Publikation von HEIKINHEIMO (1921) wurden auch schon Einzelheiten im anatomischen Bau näher behandelt. Abgesehen davon, dass in derartigen schlecht entwickelten Samen die Embryonen und das Endosperm (Prothallium) nur schwach entwickelt sind, tritt bei ihnen als charakteristische Eigenschaft die Polyembryonie auf, die bei schwachentwickelten Kiefern Samen ganz regelmässig vorkommt. Die Polyembryonie bei Koniferen ist leicht zu verstehen, wenn man die diesen Pflanzen charakteristische Entwicklung des Embryos in Betracht zieht, welche bekanntlich so vor sich geht, dass das aus der befruchteten Eizelle entstehende Zellgewebe gewöhnlich in vier Primärembryonen zerfällt, von denen sich jedoch unter normalen Bedingungen nur eines endgültig entwickelt (siehe BUCHHOLZ 1918).

Unter günstigen Bedingungen ist Polyembryonie im allgemeinen nur in den ersten Entwicklungsstadien wahrzunehmen. (»In rare cases 2 matured embryos were found in an ovule, but they were very unequal and due simply to the incomplete dominance of a single embryo«. BUCHHOLZ, S. 221.) Dagegen setzen bei Samen, die in ungünstigen Verhältnissen reifen, nach unseren Beobachtungen mehrere primäre Embryonen ihre Entwicklung weiter fort. Sie verbleiben jedoch meist so klein, dass sie nicht einmal gemeinsam den Innenhohlraum des Endosperms ausfüllen. Je schwächer entwickelt ein Samenkorn ist, um so gleichmässiger gross sind die darin enthaltenen Embryonen, wie man bemerken kann, wenn man z. B. Fig. 1,3 und 4 miteinander vergleicht. Schon bei ziemlich schwach entwickelten

Samen lassen sich jedoch sehr oft 2 grössere Embryonen tiefer im Sameninnern und zwei viel kleinere an dem, der Mikropyle zugewendeten Ende wahrnehmen (siehe Fig. 3). Jedenfalls setzen in Samen der Waldgrenzenregion die meisten Embryonen, im Gegensatz zu südlicheren Samen, ihre Entwicklung fort. Hieraus geht hervor, dass die Samen der Waldgrenzengenden eigentlich nicht halbentwickelten (z. B. zu früh gesammelten) südlichen Samen gleichgestellt werden dürfen, sondern dass sie ihre speziellen Reifungs-Eigenschaften besitzen.

2. *Klassifizierung der Samenkörner.* Bei der anatomischen Untersuchung einer grossen Menge von Samen zeigte es sich, dass sich die Samen, je nachdem, wie weit entwickelte Embryonen und Endosperme sie enthielten, zweckmässig in verschiedene Entwicklungsklassen einteilen lassen. Eine ähnliche Klassifizierung schlug bereits HAGEM (1917) vor. Er unterscheidet 5 Entwicklungsklassen: 1. das Embryo gut entwickelt, 2. schlecht entwickeltes Embryo, 3. Embryo fehlt; in diesen drei Klassen soll das Endosperm gut sein und das Schaleninnere ausfüllen; zur 4. Klasse rechnet er die Samen, in denen das Endosperm braun, runzelig oder vertrocknet ist, und zur 5. Klasse diejenigen Samen, in denen das Endosperm gänzlich fehlt.

Die Klassifizierung von HAGEM ist auf ganz richtigen Prinzipien aufgestellt, doch kann sie noch nicht als genügend erschöpfend bezeichnet werden. Die Anzahl der Klassen ist zu gering, und sie werden nicht genauer beschrieben und definiert, wodurch denn auch die Grenzen zwischen den einzelnen Klassen viel zu unbestimmt ausfallen (speziell die Grenzen der 1., 2. und 3. Klasse); die Definition der 3. Klasse dürfte sogar unrichtig sein, denn Samen mit wohlentwickeltem, das Schaleninnere ausfüllendem Endosperm haben wahrscheinlich mehrere, obgleich kleine Embryonen. Keinesfalls dürfte die Menge derartiger, embryo freier Samen auf 40—50 % steigen, wie in HAGEM's Tabelle (S. 181—182) angegeben wurde. Auch das Phänomen der Polyembryonie ist von HAGEM ganz ausser Acht gelassen. WIBECK (1920), der die Darstellung von HAGEM übersieht, hat Beobachtungen über Entwicklungsstadien von Embryonen veröffentlicht, in denen er die Länge derselben in Prozents von den Samenlänge angibt.

Bei den Samenuntersuchungen der Forstwissenschaftlichen Versuchsanstalt ist allmählich eine sich auf schon in HEIKINHEIMO's (1921) Untersuchungen angeführte Beobachtungen gründende, von der im vorigen erwähnten unabhängige, genauere Entwicklungsklasseneinteilung für Samen ausgearbeitet worden, welche sich auf der

Basis von bereits gewonnenen, recht umfassenden Erfahrungen in folgender Art fixieren lässt.

Klasse O umfasst hohle Samen, welche gespaltet z. B. auf Tafel II in Fig. 1 zu sehen sind. Hier fehlt das Endosperm ganz und gar, dagegen ist die Schale in bezug auch Struktur und Grösse ziemlich ähnlich den Samen der folgenden Klassen.

Klasse IA umfasst dem Aussehen nach tote Samen, die jedoch auch Endosperm enthalten. Zu dieser, ihrem biologischen Charakter nach kollektiven Klasse, gehören demnach alle Samen, deren Endosperm eingetrocknet und braun geworden ist (derartige Samen sind — allerdings von der Fichte — auf Tafel IV Fig. 2 wiedergegeben); ferner in einigen Proben vorkommende, erfahrungsgemäss keimunfähige Samen, bei denen Endosperm und Embryo sich zu wässrig-grau umgewandelt haben, und ausserdem derart mit einander verschmolzen erscheinen, dass die Grenze zwischen ihnen verwischt ist. Ausserdem wurden auch andere, seltener und in geringer Anzahl gefundene, augenscheinlich tote Samen dieser Klasse zugerechnet.

Es soll darauf hingewiesen werden, dass die Grenze zwischen dieser und der vorstehenden Gruppe nicht immer leicht zu ziehen ist, wenn es sich um mehr oder weniger schwach entwickelte, nördliche Samen handelt. Oft befindet sich nämlich in ihrem Innern ein winziges, vertrocknetes Endosperm oder dessen Anlage. Der Übergang ist hier allem Anschein nach allmählich. Alle Samen mit schwach entwickeltem Endosperm wurden hierher gerechnet, so dass Klasse O ausschliesslich völlig endospermfreie Samen enthält, die ebenfalls recht häufig vorkommen. Bei wohlentwickelten Samen sind die Grenzen der Klasse IA im allgemeinen leicht zu ziehen, obgleich es bei schlechterhaltenem Material stets mit einer gewissen Schwierigkeit verbunden sein dürfte, zu entscheiden, welche Samenkörner schon wirklich tot und keimunfähig sind. Infolgedessen werden Keimungsversuche immer noch unerlässlich sein, wenn absolute Sicherheit in bezug auf die Menge von keimunfähigen incl. toten Samen erstrebt wird.

Klasse IB umfasst schwächstentwickelte lebende Samen. Das Endosperm ist stets klein, und füllt auch nicht annähernd das Innere der Schale aus. Seine Farbe ist entweder weiss, oder dazwischen etwas ins graue spielend. Hauptmerkmal sind jedoch die Embryonen, deren es mehrere — meist 4, oft auch 5, 6 ja sogar 8 gibt. Sie sind sehr schwach entwickelt und klein, die Länge (ohne Embryoträger) beträgt höchstens $1/6$ — $1/4$ der Länge der Embryo-

kammer. In bezug auf ihre Lage sind sie meist wie normale Embryonen gerichtet, obgleich sie nicht selten auch quer oder umgekehrt liegen können. Gewöhnlich sind sie beinahe gleich gross, zuweilen jedoch sind 1—2 St. von ihnen grösser als die übrigen. Der Bau der Samen dieser Entwicklungsklasse erhellt am besten aus den untenstehenden Fig. 1 und 2, welche Kiefernnsamen aus Kuolajärvi und Puolmak in Utsjoki darstellen. Tafel IV Fig. 1 enthält eine Photographie von Samen dieser Klasse aus Inari.

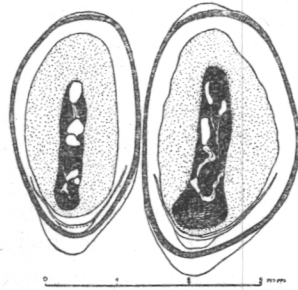


Fig. 1. Gespaltete Kiefernnsamen aus Kuolajärvi J. 1923 (s. Karte 2, Beob.-Ort 11). Das Endosperm füllt nicht annähernd das Innere der Schale aus. Mehrere kleine Embryonen vorhanden. Die Samen gehören zur Entwicklungsklasse IB.

Kuva 1. Halkaistuja männynsiemeniä Kuolajärveltä v. 1923 (kts. kartta 2, hav. paikka 11). Valkuainen ei täytä läheskään kuoren sisustaa. Useampia pieniä alkioita havaittavana. Siemenet kuuluvat kehitysluokkaan IB.

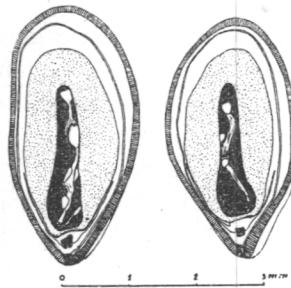


Fig. 2. Gespaltete Kiefernnsamen aus Puolmak in Utsjoki J. 1920 (s. Karte 6, Beob.-Ort 1). Die Samen gehören zur Entwicklungsklasse IB.

Kuva 2. Halkaistuja männynsiemeniä Utsjoen Puolmakista v. 1920 (kts. kartta 6, hav. paikka 1). Siemenet kuuluvat kehitysluokkaan IB.

Klasse II umfasst etwas mehr entwickelte Samen als die vorige Klasse. Auch hier gibt es zwischen dem Endosperm und der Samenschale einen ziemlich grossen Zwischenraum. In bezug auf Farbe und Beschaffenheit des Endosperms gleicht diese Klasse sehr

der vorigen. Das Endosperm ist also zuweilen weiss, zuweilen ins graue spielend. Von den Embryonen sind meist ein paar den übrigen vorausentwickelt und besitzen eine Länge von $1/4$ — $1/3$ der Länge der Embryokammer. Dem Äusseren nach sind sie mehr oder weniger kegelförmig, und an dem breiteren Oberende sind schon kleine Beulen wahrnehmbar, welche die Anfänge zu den Keimblättern sind. Die untenstehende Fig. 3 gibt den Bau der Samen dieser Entwicklungs-klasse wieder. Auf Tafel III Fig. 2 sind mehrere dieser Klasse zugehörnde, gespaltete (Fichten-) Samen photographisch wiederge-

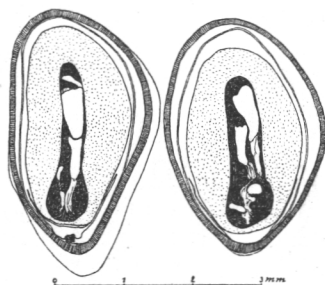


Fig. 3. Gespaltete Kiefern-samen aus Tsuokkavaara in Utsjoki J. 1920 (s. Karte 6, Beob.-Ort 3). Im Innern der Samen sind zwei grössere und 2—3 viel kleinere Embryonen sichtbar. Die Samen gehören zur Entwicklungs-klasse II.

Kuva 3. Halkaistuja männynsiemeniä Utsjoen Tsuokkavaaralta v. 1920 (kts. kartta 6, hav. paikka 3). Siemenen sisällä nähdään kaksi isompaa ja 2—3 pienempää alkioita. Siemenet kuuluvat kehitysluokkaan II.

geben. Es versteht sich von selbst, dass die Grenze zwischen dieser und der vorigen, wie denn überhaupt zwischen nebeneinander liegenden Entwicklungs-klassen, nur eine allmähliche ist. Infolgedessen fällt die Entscheidung bei den häufigen Grenzfällen mehr oder weniger willkürlich aus. Wir haben in solchen Fällen die Zwischenformen je auf die beiden Nachbarklassen verteilt.

Klasse III enthält Samen, deren Endosperm meist weiss und ± mehlig, zuweilen jedoch auch wässerig-grau ist. Auch in dieser Samenklasse füllt es das Innere der Samenschale nicht ganz aus. Von den Embryonen, deren es stets mehrere gibt, ist meist eines den übrigen weit in der Entwicklung voraus. Es besitzt eine Länge von $1/3$ — $2/3$ der Länge der Embryokammer und an seiner Spitze sind die Keimblattanlagen deutlich zu sehen. Das Hauptembryo liegt im oberen Teil der Embryokammer, während die weniger entwickelten Nebenembryonen am Mikropyle-Ende sitzen. In manchen Fällen kann man auch in den Samen dieser Klasse zwei kräftiger entwickelte

Embryonen finden, und liegen diese dann gewöhnlich nebeneinander im oberen Teil der Embryokammer (siehe Tafel III Fig. 1, der gespaltete Samen links in der mittleren Reihe). Nicht selten sind ein oder mehrere Embryonen in die umgekehrte Lage verschoben, wodurch ihre Keimblätter nach der Mikropyle hin gerichtet sind. Doch kommt diese Anomalie häufiger in der vorigen Klasse vor.—Die untenstehenden Abbildungen (Fig. 4) beleuchten den Bau der Samen dieser Entwicklungsklasse. Die photographischen Aufnahmen sind speziell auf Tafel III Fig. 1 enthalten.

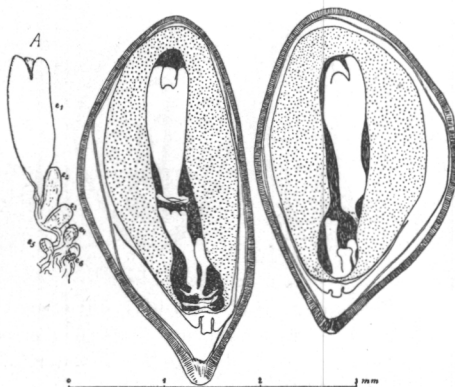


Fig. 4. Gespaltete Kiefern Samen aus Eno, J. 1923. Der Samen in der Mitte aus III, rechts aus III—IV Entwicklungsklasse. In A sind die Embryonen (6 St.) eines Samens abgebildet.

Kuva 4. Halkaistuja männynsiemeniä Enosta v. 1923. Keskimmäinen siemen on III kehitysluokkaa, oikeanpuoleinen III—IV luokkaa. A esittää erään siemenen alkioita, joita on 6 kpl.

Klasse IV umfasst die nahezu vollentwickelten Samen. Das Endosperm ist beinahe stets weiss, mehr oder weniger mehlig und füllt das Sameninnere immer vollständiger aus. Gewöhnlich ist nur eines der Embryonen deutlich sichtbar, die übrigen kommen nur ganz klein und unentwickelt am unteren Ende bei der Mikropyle vor. Die Länge des Embryos beträgt $2/3$ — $3/4$ der Länge der Embryokammer.

Klasse V enthält die vollentwickelten Samen. Das weisse Endosperm füllt hier den Samen aus, und das Embryo im Innern des Endosperms hat eine Länge von mehr als $3/4$ der Länge des inneren Hohlraums. Fig. 1 auf Tafel II zeigt den Bau der Samen in der Klasse V. Innerhalb der Grenzen dieser Klasse variiert jedoch das Entwicklungsstadium der Samen womöglich noch mehr als in den vori-

gen Klassen, u. a. insofern als die Keimblätter der besonders kräftigen Embryonen bei den am meisten entwickelten Samen oft schon innerhalb des Samenkorns eine grünliche Färbung annehmen ¹⁾, wobei zugleich die Farbe des ganzen Embryos meistens gelb wird. (Doch muss hervorgehoben werden, dass schon in den beiden vorangehenden Klassen ab und zu eine gelbliche Färbung der Embryonen zu bemerken ist.) Man könnte denn auch in Erwägung ziehen, ob nicht eventuell noch eine Entwicklungsklasse VI für derartige, in günstigen Jahren hier und dort in Süd-Finnland vorkommende, weitentwickelte Samen abzuscheiden wäre. Vorläufig wenigstens wurden jedoch solche Samen zur Entwicklungsklasse V zugezählt. Doch ist es nicht ausgeschlossen, dass z. B. in Mitteleuropa, wo man mit einer längeren Wachstumsperiode und höherer Sommertemperatur zu rechnen hat, Samen in so grossen Mengen einen, vom Standpunkt unserer Klassifizierung aus »Überreifegrad« erreichen, dass die Aufstellung einer weiteren Entwicklungsklasse sich als zweckmässig erweisen dürfte, wenn der Reifegrad von Samen in verschiedenen Breitengraden und Höhenzonen in verschiedenen Ländern exakt miteinander verglichen werden soll.

b. Die Fichte.

1. *Der Bau der Fichtensamen mit dem der Kiefernnsamen verglichen.* Die sich von den verschiedenen Entwicklungsstadien der Fichtensamen herleitenden anatomischen Bauvariationen sind den an Kiefernnsamen beobachteten vollkommen analog. Einer der bemerkenswertesten Unterschiede ist unseren Erfahrungen nach, dass bei der Fichte die Polyembryonie speziell in den höheren Entwicklungsklassen nicht so häufig ist, wie bei der Kiefer. Die in HEIKINHEIMO's Abhandlung (S. 45) ausgesprochene Vermutung, dass bei Fichtensamen keine Polyembryonie vorkomme, bedarf jedoch einer Berichtigung. Ausführliche Untersuchungen haben nämlich dargelegt, dass bei schwach entwickelten Fichtensamen Polyembryonie auch ganz gewöhnlich ist. Die Scheidung in Haupt- und Nebenembryonen geht jedoch bei der Fichte schon früher und durchgreifender als bei der Kiefer vor sich, was zur Folge hat, dass Nebenembryonen auch in einigermaßen gut entwickelten Fichtensamen kaum mehr zu finden sind.

2. *Klassifizierung.* Die Fichtensamen können in entsprechende Entwicklungsklassen wie die Kiefernnsamen eingeteilt werden. Dem-

¹⁾ Bekanntlich kann ja bei den meisten Koniferenkeimlingen — im Gegensatz zu den Angiospermen — das Chlorophyll im Dunkeln entstehen (vgl. BURGERSTEIN 1900).

nach erhält man *Klasse O*: hohle Samen; *Klasse IA*: tote, nicht hohle Samen (siehe u. a. Tafel IV Fig. 2); *Klasse IB*: lebende, schwach-entwickelte Samen, in denen das Endosperm allerdings oft weiss ist, jedoch das Samenschaleninnere nicht ausfüllt, und in welchen beinahe immer mehrere Embryonen wahrnehmbar sind, deren

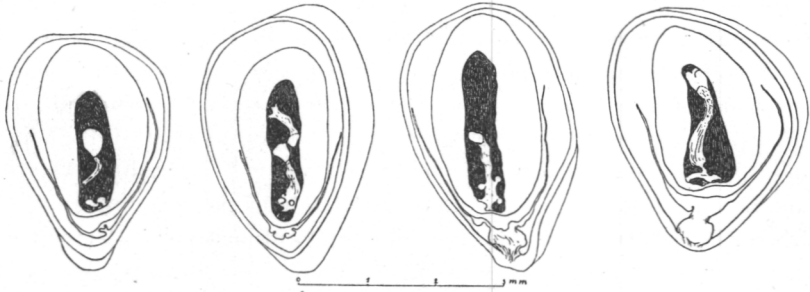


Fig. 5. Fichtensamen aus Suomussalmi J. 1923 (s. Karte 3, Beob.-Ort 24). Mehrere kleine Embryonen vorhanden. Die Samen gehören zur Entwicklungs-klasse I B (—II).

Kuva 5. Kuusensiemeniä Suomussalmelta v. 1923 (kts. kartta 3, hav.-paikka 24). Siemenissä nähdään useita pieniä alkioita. Siemenet kuuluvat kehitysluokkaan I B (—II).

grösste eine Länge von höchstens $\frac{1}{4}$ der Länge der Embryokammer zeigen. Fig. 5 gibt eine genauere Vorstellung von dem Samenbau in dieser Entwicklungs-klasse; siehe auch Fig. 10 von Kestilä-Samen; *Klasse II*: Endosperm ungefähr wie in der vorigen Klasse;

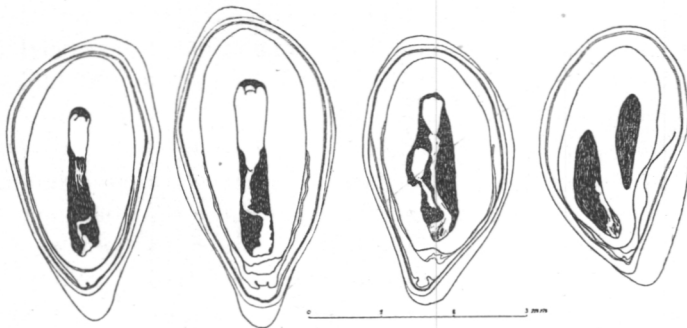


Fig. 6. Fichtensamen aus Sotkamo J. 1923 (s. Karte 3, Beob.-Ort 29). Die drei Samen links gehören zur Entwicklungs-klasse II (—III). Der Same rechts zeigt zwei, wahrscheinlich aus verschiedenen Archegonien entstandene Embryokammern.

Kuva 6. Kuusensiemeniä Sotkamosta v. 1923 (kts. kartta 3, hav.-paikka 29). Kolme vasemmanpuoleista siementä kuuluu kehitysluokkaan II. Oikeanpuoleisessa siemenessä havaitaan kaksi alkio-onteloa, jotka todennäköisesti ovat syntyneet eri munapesäkkeistä.

gewöhnlich nur ein Embryo, zuweilen zwei ziemlich gleich weit entwickelte Embryonen von einer Länge, die höchstens $\frac{1}{3}$ der Länge der Embryokammer erreicht. (Fig. 6, 7 und 10 illustrieren den Samenbau in dieser Entwicklungsstufe, desgleichen Fig. 2 auf Tafel III.) *Klasse III*: Endosperm etwas besser entwickelt, Embryo beinahe stets allein-

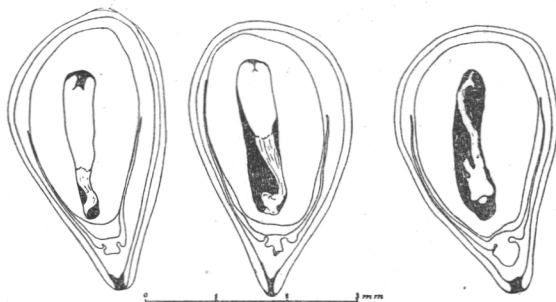


Fig. 7. Fichtensamen aus Sonkajärvi J. 1923 (s. Karte 3, Beob.-Ort 33). Die Samen gehören zur Entwicklungsstufe II und III. Der Same rechts mit umgekehrtem Embryo.

Kuva 7. Kuusensiemeniä Sonkajärveltä v. 1923 (kts. kartta 3, hav.-paikka 33). Siemenet kuuluvat kehitysluokkaan II ja III. Oikeanpuoleisessa siemenessä on ylösalainen alkio.

stehend, Länge $\frac{1}{3}$ — $\frac{2}{3}$ der Länge der Embryokammer (Fig. 7 und 8 beleuchten den Samenbau in Entwicklungsstufe III); *Klasse IV*: Samen einigermaßen voll; Länge des Embryos $\frac{2}{3}$ — $\frac{3}{4}$ der Länge der Embryokammer (Fig. 9 und 10 geben diese Klasse wieder); *Klasse V*: Samen gefüllt, das Embryo füllt die Embryokammer in Innern des Endosperms vollständig aus und hat häufig eine gelbliche Farbe (wie zuweilen auch schon in Klasse III und IV); die Keimblätter

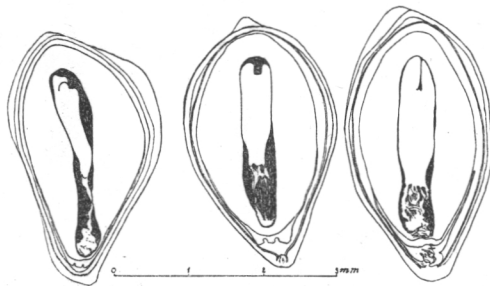


Fig. 8. Fichtensamen aus Kankaanpää J. 1923 (s. Karte 3, Beob.-Ort 57). Die abgebildeten Samen gehören zur Entwicklungsstufe III.

Kuva 8. Kuusensiemeniä Kankaanpäästä v. 1923 (kts. kartta 3, hav.-paikka 57). Kuvatut siemenet kuuluvat kehitysluokkaan III.

können, besonders bei den am besten entwickelten Samen, schon vor der Keimung eine grünliche Färbung aufweisen. (Tafel II Fig. 2 gibt eine Vorstellung von dem Samenbau in dieser Entwicklungs-klasse, desgleichen der in Fig. 9 links befindliche Samen.)

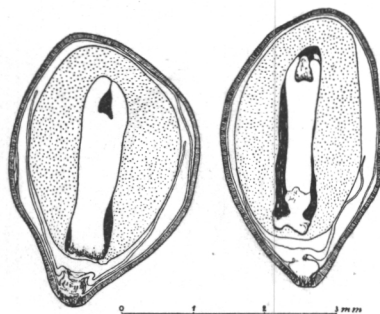


Fig. 9. Fichtensamen aus Ruokolahti J. 1923 (s. Karte 3, Beob.-Ort 70). Die Samen gehören zur Entwicklungs-klasse IV und V.

Kuva 9. Kuusensiemeniä Ruokolahdelta v. 1923 (kts. kartta 3, hav.-paikka 70). Siemenet kuuluvat kehitysluokkaan IV ja V.



Fig. 10. Fichtensamen aus Kestilä J. 1923 (s. Karte 3, Beob.-Ort 34). Die *fennica*-Samen gehören zur Entwicklungs-klasse (III—) IV, die *europaea*-Samen zur Klasse (I B—) II—III.

Kuva 10. Kuusensiemeniä Kestilästä v. 1923 (kts. kartta 3, hav.-paikka 34). *Fennica*-siemenet kuuluvat kehitysluokkaan (III—) IV, *europaea*-siemenet kehitysluokkiin (I B—) II—III.

VII. Anatomische Samenqualitätsklassen.

In früheren, namentlich in HAGEM's (1917), WIBECK's (1920), EIDE's und SCHOTTE's (1924 a und 1924) Untersuchungen wurde gezeigt, dass die Sommertemperatur eine entscheidende Rolle bei der Reifung, oder genauer ausgedrückt, bei der mangelhaften Reifung der Samen in nördlichen und Fjeldgegenden spielt. Als Mass der Reifung wurde hierbei die Keimfähigkeit des Samens benutzt. Nach HAGEM bestimmt die 10.5° Isoterme von Juni—September die Grenze, bis an welche der Kiefernnsamen so gut entwickelt ist, dass er einigermaßen befriedigend keimt. Nach WIBECK wird die Grenze, bis zu welcher wenigstens 50 % der Samen keimen, ungefähr durch die 13.5° Isoterme von Juni—August fixiert. Es leuchtet ein, dass, falls die in den vorstehenden Kapiteln dargestellten und definierten anatomischen Klassen den verschiedenen Entwicklungsgrad von Samen repräsentieren, man erwarten darf, dass auch diese Klassen in ihrer Verbreitung eine ebenso gesetzmässige Abhängigkeit von der Sommertemperatur zeigen, wie nach HAGEM u. a. die Keimungsstufen.

Zur Klärung dieser Frage wurden sämtliche, behufs vorliegender Untersuchung eingesammelten Proben in der Weise anatomisch untersucht, dass jeder Probe je 25—50 ungewählte Samen entnommen wurden, die dann auf ihre Entwicklungsklasse hin untersucht wurden. Die Prozentzahl der hohlen Samen wurde besonders durch Aufspaltung von 100 Samen aus jeder Probe genauer bestimmt. Danach wurde berechnet, wieviel % der Samen je zu einer Klasse gehört. Die Ergebnisse sind auf den Tabellen 1—7 dargestellt.

Auf der Basis von Tabelle 1 wurde ein Diagramm (Fig. 11) gezeichnet. Darin wird jeder (mit einer Ziffer an der Abzisse bezeichneter) Beobachtungsort durch einen Pfeiler repräsentiert, welcher durch verschiedenen Schattierungen angibt, ein wie grosser Prozent der Samen des betreffenden Ortes je auf die einzelnen Entwicklungsklassen kommt. Die Pfeiler sind so angeordnet, dass die besseren Orte links, die schwächeren rechts im Diagramm stehen (einige Orte sind aus verschiedenen Gründen fortgelassen).

Wie sich bei einer Prüfung des Diagramms sofort bemerken lässt, ist die Frequenz der Samen von einzelnen Entwicklungsklassen in

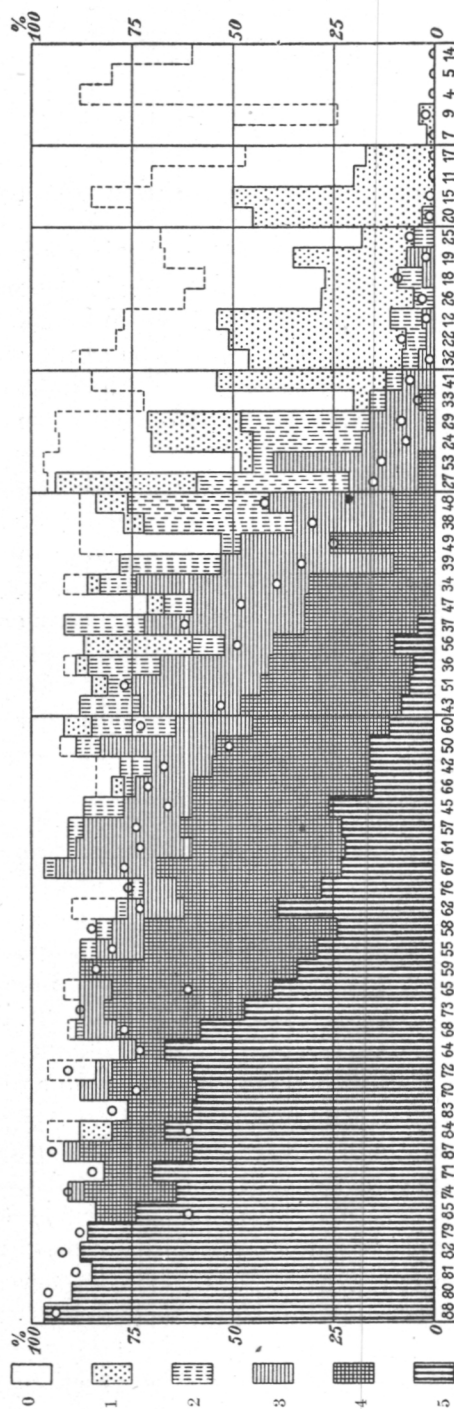


Fig. 11. Bau und Keimbarkeit der Kiefern Samen J. 1923. O: Entwicklungsklassen O und I A, 1: Entw.-Kl. IB, 2: Entw.-Kl. II, 3: Entw.-Kl. III, 4: Entw.-Kl. IV, 5: Entw.-Kl. V. Die kleinen Kreise zeigen die Höhe des Keimprozents.

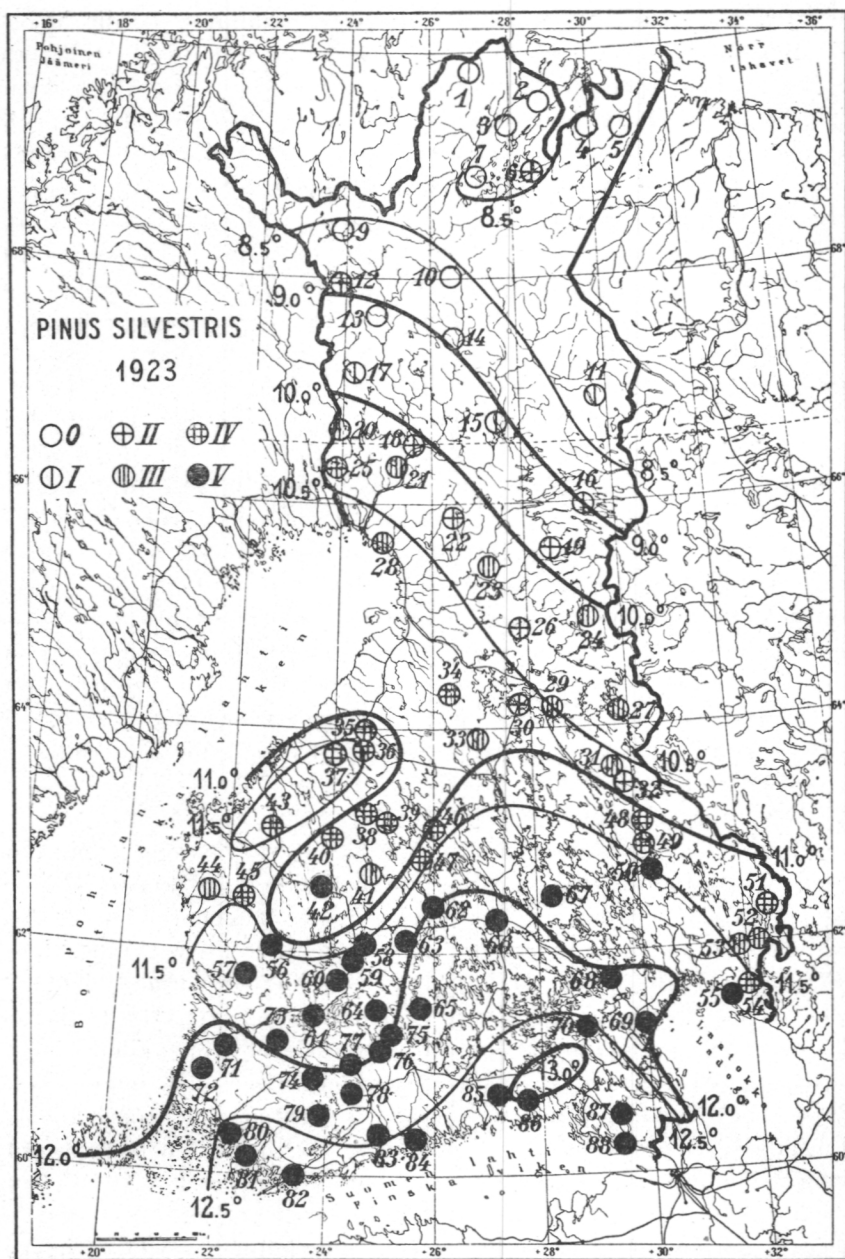
Kuva 11. Mämnysienten rakenne ja itäväisyys v. 1923. O - kehitysluokka O ja IA, I: I. I, 2: I. II, 3: I. III, 4: I. IV, 5: I. V. Pikku ympyrät osoittavat itäväisyysprosentin korkeutta.

den Proben keineswegs willkürlich, sondern nimmt z. B. die Menge der Samen von der V Klasse regelmässig von links nach rechts ab; in der IV Klasse nimmt die Samenmenge zuerst zu, um später abzunehmen; dasselbe ist in den Klassen III, II und I B der Fall. Benachbarte Samenqualitätstypen gehen ohne Sprünge durch Übergangsstadien ineinander über. Gäbe man die Höhe der Sommertemperatur in einer bestimmten Skala auf der Abzisse (z. B. in 0:1 Graden) an, so könnte man offenbar die obere Grenze einer jeden Entwicklungs-klasse durch eine regelmässige, anfangs langsam, dann steiler und gegen das Ende zu wiederum langsamer abfallende Kurve oder jede Entwicklungsklasse für sich durch eine typische Variationskurve darstellen.

Die erforderliche Klassifizierung der Samenproben könnte beispielsweise je nachdem, welcher Entwicklungs-klasse die meisten Samen angehören, oder zu welcher Klasse die schwächsten oder die besten Samen in der Probe gehören, vorgenommen werden. Obgleich die erstgenannte Einteilungsart als die konsequenteste zu bezeichnen wäre, so darf doch nicht ausser Acht gelassen werden, dass speziell unter kritischen Bedingungen häufig den am meisten entwickelten Samen die grösste, sowohl biologische als praktische Bedeutung zukommt, weil die Verjüngung des Waldes vor allem auf diesen beruht. Daher dürfte es zweckmässiger sein, die Samenproben derart zu klassifizieren, dass man das Augenmerk vor allem auf die am weitesten entwickelten Samen richtet. Es lassen sich demgemäss folgende sechs Klassen unterscheiden.

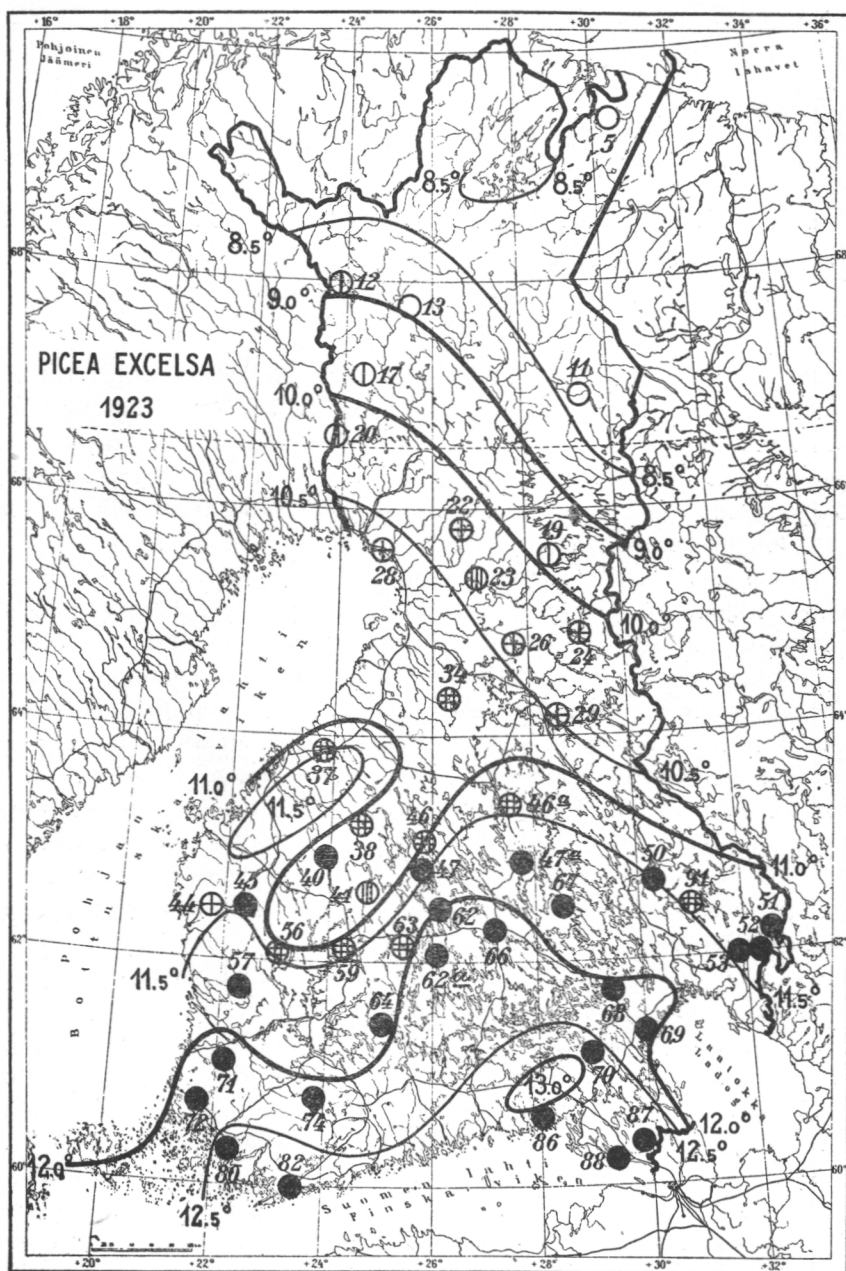
Zur V Qualitätsklasse gehört eine Samenprobe, wenn wenigstens 10 % der darin enthaltenen Samen zur V Entwicklungs-klasse gehören; der IV Klasse werden die der vorigen nicht zugehörenden Proben zugerechnet, welche mindestens 10 % Samen der Entwicklungs-klasse IV (+V) enthalten; zur III Klasse werden die der vorigen nicht angehörenden Proben gerechnet, in denen es mindestens 10 % Samen der III—V Entwicklungs-klasse gibt usw. Unter Umständen scheint es jedoch zweckmässig, der II Entwicklungs-klasse auch schon solche Proben beizuzählen, von deren Samen wenigstens 5 % zur Entwicklungs-klasse II gehören. Der Einfachheit wegen werden ferner sämtliche Samenproben, welche hauptsächlich Samen der I A und O Entwicklungs-klassen enthalten, zur Klasse O gerechnet. Man hat es also im ganzen mit 6 Klassen zu tun, und können sowohl Kiefern- als auch Fichtensamenproben in dieser Weise klassifiziert werden.

Auf den Karten 2—6 ist mittels auf Karte 2 erläuterten Zeichen angegeben, zu welcher Qualitätsklasse die Samenprobe eines jeden Beobachtungsorts aus den einzelnen Untersuchungsjahren gehört.



Karte 2. Die Sammlungsstellen und Qualitätsklassen (O—V) des Kiefernssamens im Winter 1923—1924 nebst Sommertemperaturkurven im J. 1923.

Kartta 2. Talvella 1923—1924 kerätyn männynsiemenen keräyspaikat ja laatuluokat (O—V) sekä kesän 1923 kesälämpökäyrät.



Karte 3. Die Sammlungsstellen und Qualitätsklassen (vgl. Karte 2) des Fichtensamens im Winter 1923—1924 nebst Sommertemperaturkurven im J. 1923.

Kartta 3. Talvella 1923—1924 kerätyn kuusensiemenen keräyspaikat ja laatu-
luokat (vrt. kartta 2) sekä kesän 1923 kesälämpökäyrät.

VIII. Verbreitung der Samenqualitätsklassen in den verschiedenen Untersuchungsjahren.

a. Die Kiefer.

1. *Der Sommer 1923.* Auf Karte 2 sind die Juni—August-Isotermen des Jahres 1923 wiedergegeben. Es war ein kühler Sommer, etwa $0.5-1^{\circ}$ kälter als normal. Auf derselben Karte wurden die Sammelorte der während des Winters 1923—1924 eingesammelten Zapfenproben und ausserdem die Qualitätsklassen einer jeden Probe mit den in der Karte angegebenen Zeichen vermerkt.

Wie aus dieser Karte unzweideutig hervorgeht, verschlechtert sich die Qualität der Samen nach Norden hin in der Tat ziemlich regelmässig parallel mit der Abnahme der Sommertemperatur. Höchst wahrscheinlich dürfte die Übereinstimmung zwischen dem Verlauf der Isotermen und dem Entwicklungsgrad der Samen noch deutlicher zum Vorschein kommen, wenn es möglich gewesen wäre, den Verlauf der Temperaturkurven detaillierter aufzuzeichnen. Dies gilt z. B. für die nördlich vom Laatokka-See belegenen Gegenden, wo die moorigen Wasserscheidegelände von Suojärvi und Suistamo (Beob.-Ort 52 und 53) aller Wahrscheinlichkeit nach exzeptionell kalt sind. Inwiefern das Vorkommen von ausgesprochen schwach entwickelten Samen in den Beobachtungsorten 32 (Nurmes Kuohatti) 44 (Teuva Komsii), 41 (Pylkönmäki) und 30 (in Kuluntalahti bei Kajaani) auf die lokale niedrige Temperatur zurückzuführen sein dürfte, ist unsicher. Es lässt sich kaum ein anderer Grund dafür finden, da die Zapfen daselbst zu gleicher Zeit wie an anderen Beobachtungsorten eingesammelt wurden und nach der Einsammlung einer analogen Behandlung unterworfen waren. Der am Beobachtungsort 42 (Försterschule von Tuomarniemi) gesammelte Samen wiederum war im Vergleich zu den benachbarten Stationen ausnahmsweise gut. Im Norden fielen die Samen aus Muonio (12) und aus der Paatsjoki-Gegend (6) besser als in den umliegenden Gebieten aus. Wenigstens in betreff der Paatsjoki-Gegend findet dies seine Erklärung in dem Umstand, dass hier die Wälder überhaupt ihrer Beschaffenheit nach wesentlich besser als in der Umgegend sind, was unmittelbar auf die günstigeren

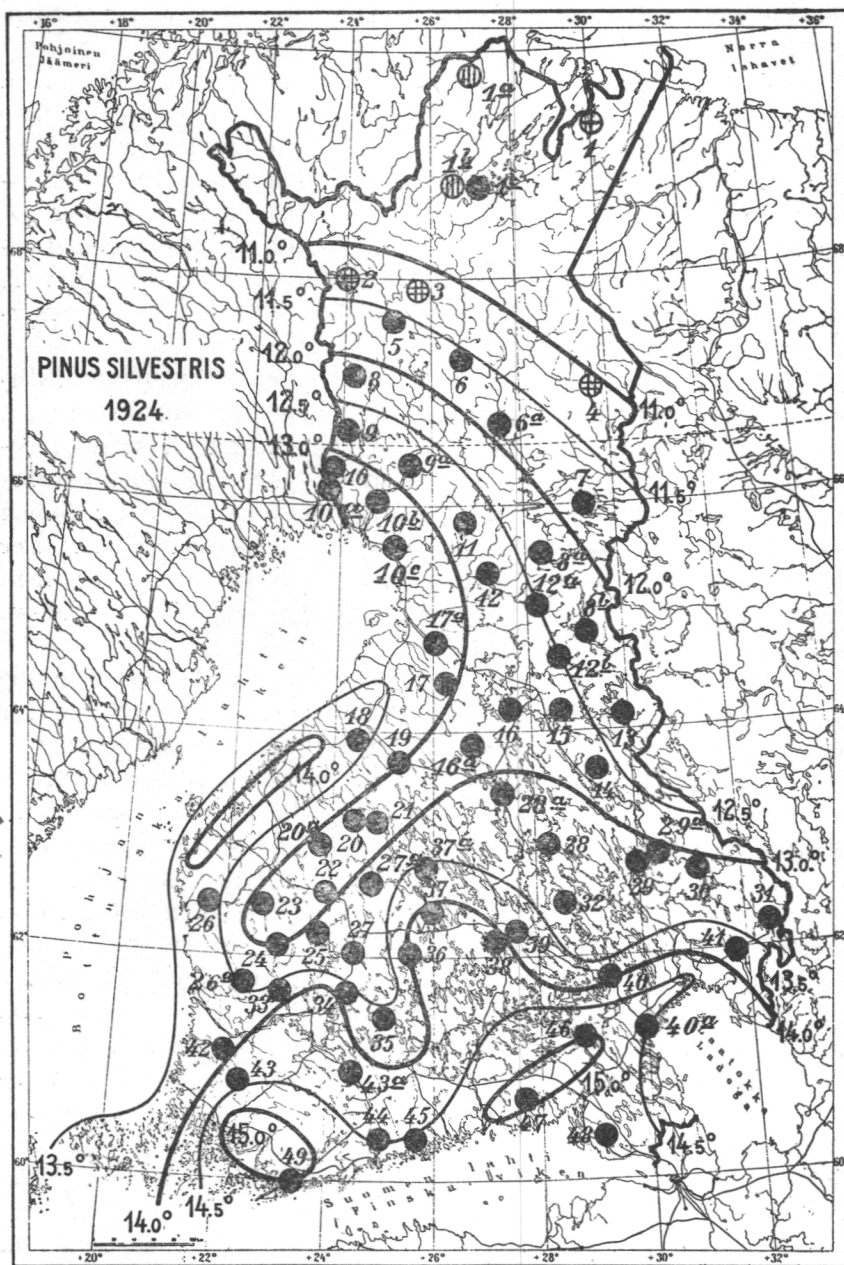
Klimaverhältnisse zurückzuführen sein dürfte (u. a. relativ geringe Erhebung über d. Meeresspiegel).

Bei einem Vergleich des Isothermenverlaufs mit dem Vorkommen der verschiedenen Samenqualitätsklassen an der Hand der Karte 2 fällt einem auf, dass die 11.5° -Kurve ungefähr die Nordgrenze der V Klasse oder die Grenze bildet, bis zu welcher also mindestens 10 % der Samen zur V Entwicklungsstufe gehören. Die Nordgrenze der IV Klasse fällt zwischen die 10.5° — 11° , die der III Klasse zwischen die 10° — 10.5° , die der II Klasse eventuell zwischen die 9.5° — 10° und die Nordgrenze der I Klasse dürfte möglicherweise an die 9° -Sommer-temperaturkurve grenzen.

Hiernach scheint also im Jahr 1923 eine Temperaturerniedrigung von je $\frac{1}{2}^{\circ}$ unter 11.5 Grad bei Samen ungefähr dem Unterschied von einer Klasse zu entsprechen. Die von HAGEM als kritisch bezeichnete 10.5° -Isotherme entspricht im J. 1923 in Finnland wahrscheinlich der Grenze, bis zu welcher mindestens 10 % der Samen wenigstens die Entwicklungsstufe der III Klasse erreichen. Der 11.8° -Grenze von HAGEM entspricht die Grenze, bis zu welcher allem Anschein nach mehr als 10 % der Samen ihre volle Reife erhalten.

2. *Der Sommer 1924* war aussergewöhnlich warm, wie man aus einem Vergleich des Temperaturkurvenverlaufs auf den Karten 1 und 3 ersehen kann. In Lappland war die Sommertemperatur etwa $1\frac{1}{2}^{\circ}$ — 2° höher als normal. In derselben Weise wie auf Karte 2 wurden auch auf Karte 4 die Entwicklungsstadien der Samen (Samenqualitätsklassen) an den einzelnen Beobachtungsorten wiedergegeben. Wie ersichtlich ist, beherrscht Klasse V das ganze Land bis nach Kuusamo, die Gegend des Kirchdorfs von Sodankylä und Kittilä. Gerade in diesen Gegenden läuft die 11.5° Isotherme. Nördlich von dieser Grenze gehören die Beobachtungsorte der IV Klasse an. In der Gegend des Kirchdorfs von Inari (1c), welche dank ihrer geringen Erhebung über dem Meeresspiegel sich in besonders vorteilhafter Lage befindet, tritt die V Klasse auf, wohingegen anderorts in Inari und Utsjoki (1a und 1b) die III und in Petsamo die II Klasse vorkommt.

Wenn wir die Abhängigkeit des Vorkommens der einzelnen Klassen von den Temperaturverhältnissen untersuchen, so finden wir, dass die 11.5° -Sommertemperaturkurve auch im Jahre 1924 ungefähr die Verbreitungsgrenze von Klasse V bestimmt. Eine Ausnahme bildet möglicherweise nur die Probe aus dem Kirchdorf von Inari. Auch die Nordgrenze von Klasse IV dürfte, ebenso wie im vorigen Jahr, in die Gegend der 10.5° — 11.0° -Isotherme zu verlegen sein. Leider



Karte 4. Die Sammlungsstellen und Qualitätsklassen (vgl. Karte 2) der Kiefern-samen im Winter 1924—1925 nebst Sommertemperaturkurven im J. 1924.

Kartta 4. Talvella 1924—1925 kerätyn männynsiemenen keräyspaikat ja laatu-luokat (vrt. kartta 2) sekä kesän 1924 kesälämpökäyrät.

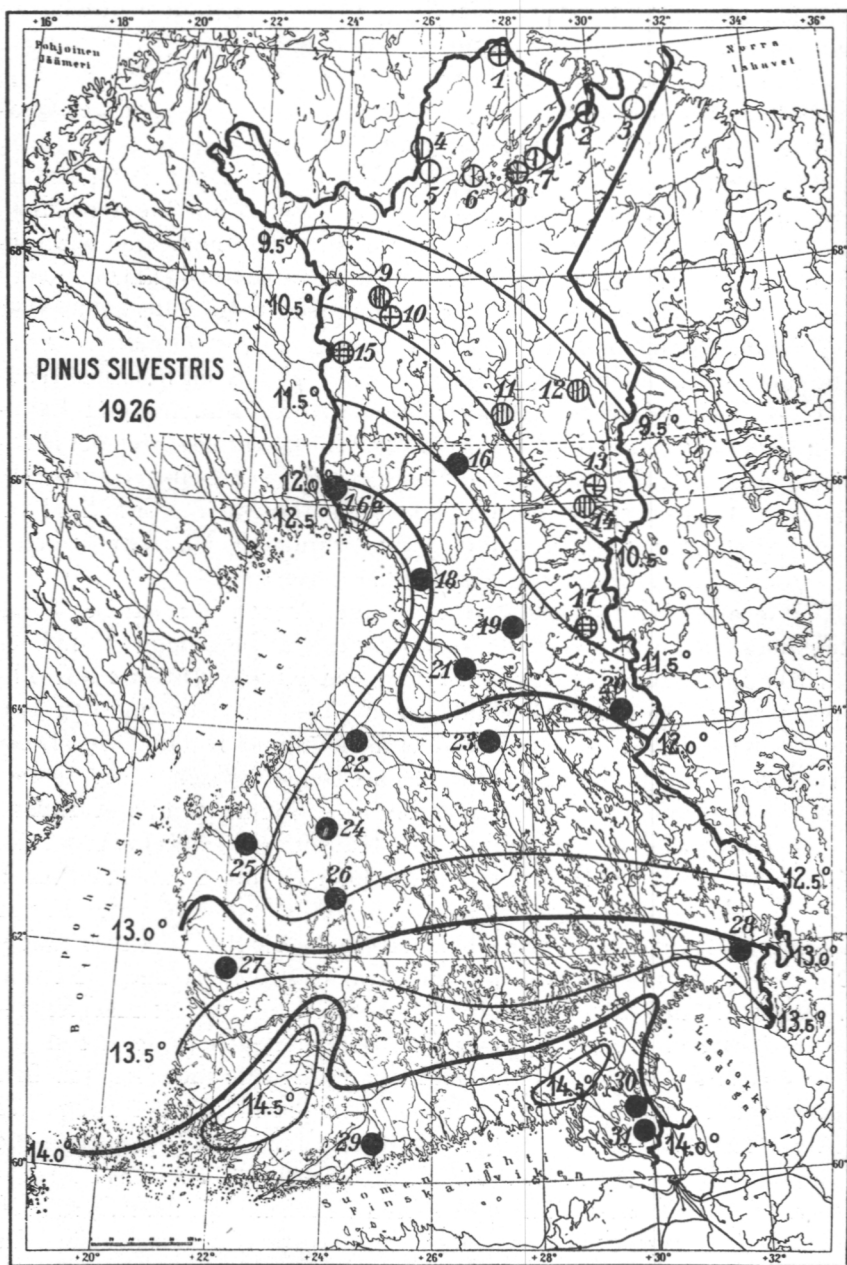
standen keine Temperaturangaben aus Petsamo, wo die schwächsten Samen (Kl. II) aufgetreten sind, zu Gebote.

Die Beobachtungen aus dem Sommer 1924 bestätigen also die Ergebnisse des Sommers 1923 über die Beziehung zwischen der Qualität der Kiefern Samen und der Sommertemperatur.

3. *Der Sommer 1925.* Aus diesem, in bezug auf Temperaturverhältnisse vorteilhaften Jahr gibt es im Material nur Fichtensamen.

4. *Der Sommer 1926.* Auf Karte 5 sind die Sommertemperaturverhältnisse des Jahres 1926 und die Samen-Qualitätsklassen eines jeden Beobachtungsorts aus diesem Sommer dargestellt. 1926 war die Sommertemperatur in Nord-Finnland beinahe normal, in Süd-Finnland etwas über normal hoch. Da wir in diesem Sommer recht viele Beobachtungsorte, vorzugsweise in Nord-Finnland und Lappland haben, so können wir uns von den Entwicklungsstufen der nördlichen Samen in dem Sommer 1926 ein relativ wahrheitsgetreues Bild machen. Leider konnte der Verlauf der Isothermen in Nord-Finnland und Lappland nur approximativ (auf Grund der nur sehr wenigen meteorologischen Stationen) gezeichnet werden.

Wie aus Karte 5 erhellt, findet man Proben der Klasse V aus Puolanka (19), einem verhältnismässig günstig belegenen Ort am Ufer des Kemijoki, aus dem Versuchsrevier von Kivalo (16) und aus Yli-Tornio (16a). In dieser Gegend verläuft die 11.5° Isotherme. Proben der IV Klasse gibt es aus Suomussalmi (17) und Kolari (15). Diese Orte fallen, wie zu erwarten war, in das Gebiet zwischen den Isothermen von 10° und 11.5° . Oberhalb der 10.5° -Sommertemperaturkurve haben wir Proben der III Klasse aus Kuusamo (14), Kemijärvi (11), Kittilä (9) und Kuolajärvi (12), die aller Wahrscheinlichkeit nach zwischen die Sommertemperaturkurven von 9.5° und 10.5° , und zwar die drei erstgenannten vermutlich unterhalb die 10° -Isotherme fallen. Die Beobachtungsorte 13 (Kuusamo, Rukatunturi), 10 und 9 (Kittilä, Levitunturi) sind auf hohen Bergen gelegen, wo die Sommertemperatur sicherlich niedriger als in den tiefer belegenen Gegenden ist. Wahrscheinlich gehören denn auch aus diesem Grunde die von hier herstammenden Proben zur II Klasse, mit Ausnahme der Probe aus Kittilä, Levitunturi, die in die III Klasse fällt. In Inari betrug die Temperatur 9.1° . Nach den, aus dem Jahre 1923 erhaltenen Ergebnissen entspricht diese Temperatur der I Entwicklungsklasse, und auch in dem in Frage stehenden Jahr kann konstatiert werden, dass die Proben aus Inari, aus den südlichen Teilen von Utsjoki und aus Salmijärvi in Petsamo der I Klasse angehören. Eine Ausnahme bildet der Beobachtungsort 8 (Inari, Korppikuruvaara), dessen Samen um ein geringes besser entwickelt als die übrigen sind und zur II Klasse

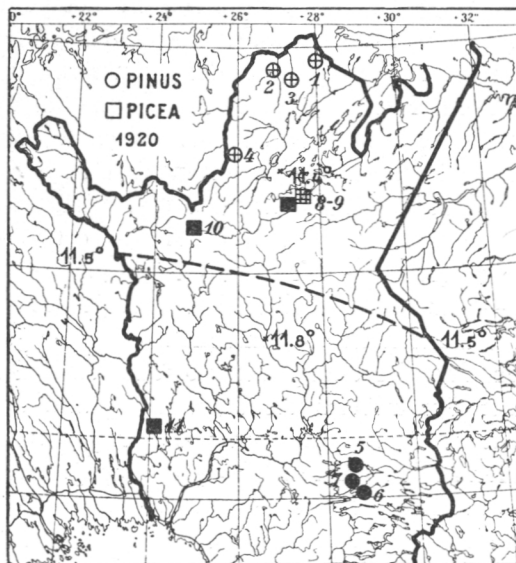


Karte 5. Die Sammlungsstellen und Qualitätsklassen (vgl. Karte 2) der Kiefern-samen im Winter 1926—1927 nebst Sommertemperaturkurven im J. 1926.

Kartta 5. Talvella 1926—1927 kerätyn männynsiemenen keräyspaikat ja laatu-luokat (vrt. kartta 2) sekä kesän 1926 kesälämpökäyrät.

gehören. In welchem Masse die Temperaturverhältnisse dieses Orts etwa günstiger als z. B. an dem nächstbelegenen Beobachtungsort 7 (Inari, Harriivaara) gewesen sein dürften, ist nicht bekannt, doch liegt die Vermutung nahe, dass dem so war. Aus dem Puskajoki-Gebiet in Petsamo sind die Samen ganz und gar hohl oder, ihrem Inhalt nach zu urteilen, schon als ganz unentwickelt gestorben. Eine merkwürdige Ausnahme bildet der Samen aus dem Kirchdorf Utsjoki (1), der entschieden zur II Klasse gehört. Aus Utsjoki waren keine Temperaturbeobachtungen vorhanden, daher es unaufgeklärt verbleiben muss, ob diese Ausnahme auf Temperaturverhältnissen oder eventuell auf anderen Ursachen beruht. Auch ist nicht ausgeschlossen, dass die eingesammelte Zapfenprobe Zapfen aus dem vorigen Sommer (1925) enthalten haben könnte, deren Samen nicht beizeiten ausgefallen waren. Die Samen aus dem Sommer 1925 waren allem Anschein nach besser entwickelt als die aus dem Sommer 1926. Die Erfahrungen aus dem Sommer 1926 bestätigen also ebenfalls ziemlich entschieden die aus den vorausgegangenen Jahren erhaltenen Resultate über den Einfluss der Sommertemperatur auf die Entwicklung und Qualität der Samen.

5. *Der Sommer 1920.* Da das von Prof. HEIKINHEIMO nach dem



Karte 6. Die Sammlungsstellen und Qualitätsklassen (vgl. Karte 2) der Kiefern- und Fichtensamen im Winter 1920—1921 und Sommertemperatur im J. 1920.

Kartta 6. Talvella 1920—1921 kerätyn männyn- ja kuusensiemenen keräyspaikat ja laatuoluokat (vrt. kartta 2) sekä kesän 1920 kesälämpösuhteet,

Sommer 1920 eingesammelte und für in seiner Arbeit (1921) dargestellten Samenuntersuchungen benutzte Samenmaterial noch teilweise erhalten war, wurde es einer erneuten Untersuchung unterworfen, um zu erfahren, wie die betreffenden Samen sich auf die hier abgeschiedenen Qualitätsklassen verteilen, und wie die einzelnen Klassen sich in ihrem Auftreten in bezug auf die Sommertemperaturverhältnisse verhalten.

Da in vielen von diesen Proben ein Teil der Samen irgendwie stark lädiert war, wurden die geschädigten und vertrockneten (augenscheinlich toten) Samen dazu verwendet, um zu untersuchen, welcher Art die Samen ursprünglich gewesen und ob sich im Verlauf der vergangenen Jahre irgend ein Zeichen von Entwicklung nachweisen liesse. (Die Samen waren auf einem Boden aufbewahrt worden.) Letzteres liess sich ausserdem auch sehr gut auf Grund der Abbildungen beurteilen, welche von diesen Samen früher gezeichnet worden waren, und die zum Teil in der Arbeit von HEIKINHEIMO (1921, S. 42—44) enthalten sind. Die erwähnte Untersuchung wurde im Vorfrühling 1927 ausgeführt. Die Analysenresultate sind in Tabelle IV verzeichnet. Eine Veränderung im Entwicklungsstadium war nicht wahrzunehmen.

Der Sommer 1920 war in bezug auf seine Temperatur, insbesondere gerade in Nord-Finnland, wo die Abweichung in Inari $+2.6^{\circ}$ und in Sodankylä $+2.3^{\circ}$ betrug, ausserordentlich günstig. Die 11.5° Sommer-Isoterme lief, wie in Karte 6 dargestellt ist, ungefähr durch die nördlichen Teile von Sodankylä, und in Inari herrschte eine Sommertemperatur von etwa 11.4° . In diesem selten warmen Sommer gab es in Kuusamo auch in der Waldgrenzenregion ziemlich reichlich Kiefern Samen der V Klasse (siehe die Beobachtungsorte 5—7 in Tabelle IV). Dagegen gehören die der polaren Waldgrenze entstammenden Proben (1—4) nur der II Klasse an. Infolge des Mangels an meteorologischen Stationen ist es unmöglich, einen eingehenderen Vergleich zwischen der Verteilung der verschiedenen Samenqualitätsklassen und der Sommertemperatur in Lappland anzustellen. Es kann also nur konstatiert werden, dass in dem günstigen Jahr 1920 ¹⁾ die Kiefern Samen in den polaren Waldgrenzengegenden höchstens den Entwicklungsgrad der III Klasse erreichten, während die Proben zur II Qualitätsklasse gehörten.

¹⁾ Noch günstiger als im Sommer waren die Temperaturverhältnisse des Spätwinters und des Frühlings, welcher Umstand sicherlich auch einen günstigen Einfluss auf die Entwicklung der Samen ausgeübt hat.

b. Die Fichte.

1. *Der Sommer 1923.* Werden die Samenproben der Fichte je nach dem Entwicklungsgrad der Samen in gleicher Art wie die Kiefern Samenproben gruppiert und die Qualitätsklasse der Samenprobe eines jeden Beobachtungsortes auf der Sommerisothermenkarte vermerkt, so erhält man die, diese Verhältnisse im Jahr 1923 darstellende Karte 3 (S. 37).

Vergleicht man dann diese letztere mit Karte 2, die die Qualität der Kiefern Samen in demselben Jahre wiedergibt, so findet man eine recht beachtenswerte Übereinstimmung in dem Entwicklungsgrad der Kiefern- und Fichtensamen aus verschiedenen Gegenden von Finnland. Und dies ist um so wichtiger, als die Samen gleichzeitig und grösstenteils in ganz benachbarten, wenn nicht gar an denselben Stellen eingesammelt wurden, infolgedessen die Beobachtungen bei Beachtung der Temperaturverhältnisse im allgemeinen als sehr gut miteinander vergleichbar bezeichnet werden dürfen.

Jedoch kommen auch in den Entwicklungsstufen der Fichtensamen Abweichungen von den Stadien vor, die nach den Temperaturvoraussetzungen zu erwarten waren. Zu diesen Ausnahmen muss vor allem der Beobachtungsort 44 (Teuva, Komsa) gerechnet werden, dessen Samenprobe der II Qualitätsklasse, anstatt der erwarteten IV—V angehört. Wie aus Karte 2 erhellt, war auch der Kiefern Samen aus diesem Ort auffallend schlecht entwickelt, weswegen mit einiger Sicherheit darauf geschlossen werden darf, dass die lokalen Witterungsverhältnisse dort im Sommer 1923 aussergewöhnlich ungünstig gewesen sein müssen, obwohl dies in Folge der wenigen Temperaturbeobachtungsstationen nicht am Verlauf der Temperaturkurven zum Vorschein kommt. An der nahebelegenen Beobachtungsstation von Ilmajoki war die Sommertemperatur jedoch sehr hoch, 11.2° , und allem Anschein nach sind die Temperaturverhältnisse auch in dem benachbarten Kauhajoki (Beobachtungsort 45) förderlich und dem auf der Karte verzeichneten Verlauf der Isothermen entsprechend gewesen, da die von dort herstammende Samenprobe zu Klasse V gehört. Also müssten sich die nachteiligen Witterungsverhältnisse in Teuva im Jahre 1923 wenigstens nicht allzu weit ins Innere des Landes erstreckt haben. Ein zweiter, ebenfalls in unvorteilhafter Richtung abweichender Beobachtungsort ist Pyrkönmäki (Nr. 41), dessen Kiefern- und Fichtensamenproben aus dem Jahr 1923 zur III Klasse gehören, wobei die Fichtensamen ein wenig besser als die Kiefern Samen sind. Überraschend ist, dass sich in der nördlich vom Laatokka-See belegenden Wasserscheidegegend (in Loimola Nr. 53 und

Kotajärvi in Suojärvi (Nr. 52) in der Entwicklungsstufe der Fichtensamen nicht die gleiche Abweichung wie in der Kiefern timer Samen bemerken lässt. Es könnte dies darauf beruhen, dass die Fichte ihrem Charakter nach eine mehr kontinentale Holzart als die Kiefer ist (vgl. KAIRAMO 1890). Doch sollte man sich hierüber noch keine voreilige Ansicht bilden, so lange nicht genaue Beobachtungen in grösserer Menge angestellt worden sind, am besten durch gleichzeitiges Einsammeln von Samen an der Küste und im Binnenland von nahe bei einander stehenden Kiefern und Fichten und durch Vergleichung ihrer Entwicklungsstufe. Jedenfalls legen die in Tabelle I und V aufgezeichneten Ergebnisse einen Beweis dafür ab, dass zwischen Fichte und Kiefer in bezug auf die Entwicklungsstufen ihrer Samen kein grosser Unterschied besteht, wenn sich auch auf den meisten Gebieten eine gewisse Differenz nachweisen lassen dürfte, insofern als die Fichte vielleicht im allgemeinen besser entwickelte Samen hat als die Kiefer (z. B. Beob.-Orte 13, 17, 26, 41, 45, 46, 47, 50). Wenn man an der Hand von Karte 3 die Abhängigkeit der Qualität der Fichtensamen von der Sommertemperatur untersucht, so bemerkt man, dass auch die Fichtensamen aus Klasse V nur ungefähr bis an die 11.5°-Isoterme reichen (diese jedoch häufiger als die Kiefern timer Samen übersteigen). Der Samen der IV Klasse dürfte in keinem Falle bis an die 10.5°-Isoterme heranreichen, sondern macht, ebenso wie die Kiefer, zwischen dieser und der 11°-Kurve halt. Die Samen aus Klasse III dürften bis in die Gegend der 10.5°-Temperaturkurve gehen, die Samen aus Klasse II bis nahe an die 10°-Kurve. Die Fichtensamen aus Klasse I scheinen bis südlich von der 9°-Kurve vorzukommen. Irgendwelche nachweisbare Zeichen dafür, dass die Fichtensamen eine niedrigere Temperatur zum Reifen beanspruchen als die Kiefern timer Samen, was z. B. HAGEM (1917 S. 170) für nicht ausgeschlossen hält, wurden nicht bemerkt. Schwächer als die Kiefern timer Samen in bezug auf ihre Entwicklung waren die Fichtensamen aus den Beobachtungsorten 11, (19), 20, 29 (in hohem Grade), 44, 56, 63 u. a. Doch ist die Differenz beinahe überall so gering, dass sie ebenso gut auf sekundären Ursachen beruhen kann. Probe 19 enthält wahrscheinlich eine kleine Anzahl Zapfen aus dem vorigen Jahr, die besser entwickelte Samen enthalten und hauptsächlich zu Klasse III gehören. Demnach wäre es wahrscheinlich richtiger gewesen, die Probe aus dem Beobachtungsort 19 auf Karte 2 der I Klasse zuzurechnen. Die aus Ylikylä in Muonio erhaltene Fichtensamenprobe war so spärlich, dass es nicht möglich war, über ihre Entwicklungsstufe genügend Aufklärung zu erhalten. Die Keimungsergebnisse zeigen jedoch, dass diese Samen, ebenso wie die Kiefern timer Samen aus

derselben Gegend, relativ gut waren. Vermutlich gehörte ein geringer Teil der Samen zur II Entwicklungsklasse, was aus der Tabelle nicht hervorgeht.

2. *Der Sommer 1924.* Die Entwicklungsstufe der Fichtensamen aus d. J. 1924 wird nur durch die Tabelle VI angegeben. Die Beobachtungsorte sind mit denselben Ziffern wie die entsprechenden Sammelorte der Kiefern Samen auf Karte 4 numeriert. In diesem Jahre wurden keine Fichtensamenproben nördlicher als aus Turtola, Rovaniemi und Suomussalmi erhalten.

Wie aus Tabelle VI zu ersehen ist, gehören sämtliche Samen der V Qualitätsklasse an, was ja auch zu erwarten war, da die Sammelorte aller Proben unter der 12° Sommerisotherme liegen. Besonders auffallend ist auf der Tabelle der hohe Prozentsatz von hohlen Samen an den meisten Beobachtungsorten. Schuld daran tragen teilweise die Gallmücken, teilweise vermutlich auch eine mangelhafte Befruchtung.

3. *Der Sommer 1925.* Aus diesem, in bezug auf seine Temperatur so ausserordentlich günstigen Jahr, sind im Material Fichtensamenproben aus 5 Ortschaften Nord-Finnlands enthalten. Die nördlichsten sind Muonio und Sodankylä. Wie aus Tabelle VII hervorgeht, sind sie sämtlich der Qualitätsklasse V zuzurechnen, jedoch gehört die Mehrzahl der Samen aus Muonio in die IV Entwicklungsklasse, und ein kleiner Teil auch in die III Klasse. Es ist von Interesse zu konstatieren, dass in diesem Jahr die Sommertemperatur in Sodankylä etwa 11.8°, in Inari 10.8° betrug; in Muonio soll sie 11.5° betragen haben. Insbesondere die Julitemperatur war hoch und zwar 4—5° über normal. Es hat also den Anschein, als ob die Samen der V Klasse auch im Jahre 1925 höchstens bis in die Gegend der 11.5° Isotherme vorkamen.

4. *Aus dem Sommer 1926* sind, abgesehen von einzelnen, wenig-sagenden südfinnischen Proben, keine Fichtensamen behufs Untersuchung erhältlich gewesen. Dagegen mag der schon früher erwähnte *Sommer 1920* hervorgehoben werden, welchem ein aussergewöhnlich warmer Vorsommer (vom März an) voranging und dessen Gesamtsommertemperatur um etwa 2.5° von der normalen abwich. Auf Tabelle IV sind 4 Beobachtungsorte für die Fichte aus diesem Jahre verzeichnet. Da 3 der Samenproben aus gereinigten und sortierten Samen bestehen, ist es nicht leicht zu erraten, welcher Klasse eine jede dieser Proben unserer Untersuchungsmethode nach ursprünglich angehört. Auf Karte 6 sind die empirischen Werte auch dieser Proben angegeben. Doch ist es wahrscheinlich, dass auch die Proben 9 und 10 ursprünglich in die IV Klasse gehören. Jedenfalls wurde das

Vorkommen von Fichtensamen der V Klasse auch in diesem Jahre allem Anschein nach im Norden durch die 11.5° Sommer-Isoterme begrenzt, wie aus Karte 6 zu ersehen ist.

IX. Über sonstige, die Samenentwicklung beeinflussende Umstände.

1. *Die Expositionsverhältnisse.* Der Kiefernzapfen sitzt dermaßen am Baum befestigt, dass seine eine Seite gegen den Zweig gedrückt ist, während die andere nach aussen gekehrt ist. Die nach aussen gerichteten Rückenschilder der Zapfenschuppen sind stärker entwickelt als die an der Schattenseite befindlichen. Die Annahme scheint berechtigt, dass ein Unterschied besteht zwischen der Entwicklungsstufe der Samen, je nachdem sie der Licht- oder Schattenseite zugekehrt sind, da ja die Lichtseite augenscheinlich mehr erwärmt wird als die Schattenseite. Dieser Umstand wurde nun im Winter 1926—27 an aus Kolari gesammelten Zapfen untersucht. Aus untenstehender Tabelle lässt sich ablesen, wieviel St. Samen aus jeder Entwicklungsstufe in den untersuchten Zapfen je auf die beiden verschiedenen Seiten kommen.

Entwicklungsstufen:		0	IA	IB	II	III	IV	V
Zapfen 1;	Schattenseite	1	—	—	5	5	—	—
»	» Lichtseite	1	1	1	1	7	2	—
»	2; Schattenseite	2	—	—	1	1	12	1
»	» Lichtseite	4	—	1	—	3	6	5
»	3; Schattenseite	4	—	1	—	4	3	—
»	» Lichtseite	2	1	1	—	3	5	1
»	4; Schattenseite	2	1	3	3	4	1	—
»	» Lichtseite	2	2	1	2	6	1	—

Man sieht aus der Tabelle, dass sich in sämtlichen 4 Zapfen an der Lichtseite mehrentwickelte Samen als an der Schattenseite befanden. Diese Beobachtung ist ein Beweis dafür, wie empfindlich die Samen während ihrer Entwicklung für die kleinsten Wärmeunterschiede sind. Der Versuch wurde auch an Zapfen desselben Winters aus Kuusamo wiederholt, wobei sich das gleiche Resultat ergab.

2. *Die Holzrasse.* Es war nicht möglich, im Zusammenhang mit dieser Untersuchung im allgemeinen näher darauf einzugehen, in wie hohem Grade sich die Qualität der Samen von verschiedenen Holz-

rassen in ein und derselben Gegend voneinander unterscheidet. Das zur Verfügung stehende Material hätte sich auch zur Erforschung dieses Umstandes wenig geeignet. Doch mag z. B. folgende Beobachtung an der Fichte hier ihren Platz finden:

Unter den im Jahr 1923 aus Kestilä (Nr. 34) eingesammelten Zapfen befanden sich, ausser *fennica*-Zapfen, auch vereinzelte typische *europaea*-Zapfen, die jedoch bedeutend kleiner als die *fennica*-Zapfen waren. Die Bauverhältnisse der Samen beleuchtet Fig. 10, S. 32. Wie darauf zu sehen ist, sind die Samen der *fennica*-Zapfen bei weitem besser entwickelt als die der *europaea*-Zapfen, und gehören erstere vorzugsweise der III—IV, letztere der II Entwicklungsklasse an. Es verdient hervorgehoben zu werden, dass nach HEIKINHEIMO's Untersuchungen die *europaea*-Zapfen in Nord-Finnland im allgemeinen schwächer entwickelt sind als die *fennica*-Zapfen. Möglich ist, dass auch die *europaea*-Samen daselbst gewöhnlich schwächer entwickelt sind ebenso wie in dem oben beschriebenen Fall aus Kestilä. Jedoch sind die Schwankungen zwischen den einzelnen Baumindividuen so beträchtlich, dass man einem einzigen Beispiel keine grössere Beweiskraft beimessen darf. Die Frage lässt sich jedenfalls unschwer durch fortgesetzte Untersuchungen lösen.

Auch bei der Kiefer konnte mehrmals ein Unterschied in der Qualität des Samens aus verschiedenen Zapfenformen festgestellt werden. Es mag erwähnt sein, dass sich z. B. unter den Zapfen aus Kuusamo (1926) sowohl *plana*-, als auch *gibba*- und *hamata*-Formen befanden und zwar von allen sowohl graue als chokoladenbraune. Von diesen enthielten die grauen *plana*-Zapfen die am besten entwickelten, die braunen *gibba*- und *hamata*-Zapfen dagegen weniger gutentwickelte Samen. Da jedoch in diesem Falle die Zapfen an verschiedenen Stellen gesammelt worden waren, bedarf dieses Ergebnis noch einer Nachprüfung.

Eine Untersuchung individueller und auf der Rasse beruhender Schwankungen fällt demnach ausserhalb des Rahmens dieser Untersuchung.

X. Beobachtungen an ausländischen Samen.

Der Versuchsanstalt zugeschickte, ausländische Samen wurden im Verlauf der letztverflossenen Jahre oftmals auch anatomisch untersucht. Diese Untersuchungen legen dar, dass sich auch in den Bergsgegenden der südlicheren Länder den im vorigen aus Finnland beschriebenen entsprechende Schwankungen in den Bauverhältnissen der Samen geltend machen.

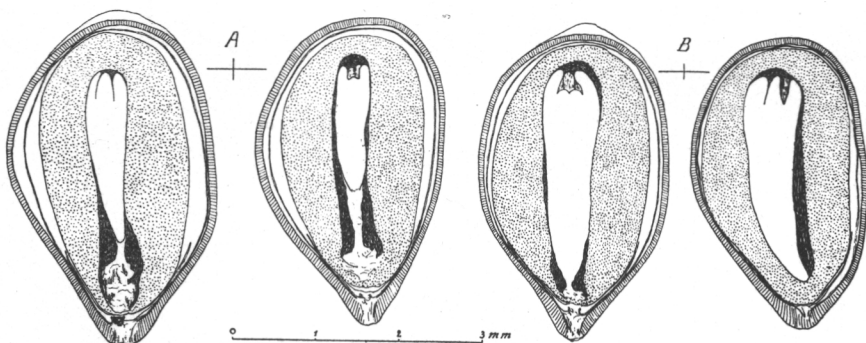


Fig. 12. Gespaltete *Pinus montana*-Samen aus der Schweiz J. 1923. A. Die geradstämmige Form 1880—1920 m ü. d. M.; B. Legföhrensamen 1640—1660 m ü. d. M.

Kuva 12. Halkaistuja *Pinus montanan* siemeniä Sveitsistä v. 1923. A. Suorakokoinen muoto 1880—1920 m m. y.; B. pensasmainen muoto 1640—1660 m m. y.

Als Beispiel soll hier ein Fall aus Bosnien angeführt sein, der *Pinus Peuce*-Samen betrifft. Wie aus der Abbildung 1 auf Tafel V hervorgeht, treten in dieser Probe Samen von Entwicklungsklassen II—V auf. Die Mehrzahl der Samen gehört in die III Klasse. Die Samen wurden aus der Darre von A. GRÜN WALDT in Wiener-Neustadt erhalten und wird als deren Heimort Bosnien 600—900 m ü. d. M. angegeben.

Als zweites Beispiel mag ein aus der Schweiz stammender, in Fig. 12 dargestellter Fall erwähnt sein. Es handelt sich hierbei um Samen von *Pinus montana*. Typus A stellt Samen der geradstämmigen Form 1880—1920 m ü. d. M., Typus B Samen der Legföhre von

1640—1660 m ü. d. M. dar. Die Proben stammen aus dem Jahr 1923. Erstere gehören vorzugsweise den Klassen III—IV, letztere der Klasse V an.

Es lässt sich also unmittelbar feststellen, dass die, unserer Untersuchung zu Grunde liegenden Verhältnisse auch ausserhalb der nördlichen Länder Beachtung verdienen, was ja übrigens nur zu erwarten war.

XI. Keimungsversuche.

1. *Das Keimen.* HAACK (1906) hat das Keimen von Kiefern-samen sehr eingehend beschrieben. Er unterscheidet, hauptsächlich auf der Basis der Wurzelentwicklung, neben den normal keimenden auch noch matt keimende und anormal keimende Samen, von denen letztgenannte allem Anschein nach sich nicht zu Keimpflanzen entwickeln können und daher von ihm zu den nicht keimenden Samen gerechnet werden.¹⁾ Zu diesen gehören vorzugsweise solche Keime, deren Wurzeln total verkümmert sind, sowie die selten vorkommenden umgekehrten Keime, d. h. solche, bei denen die Keimblätter zuerst aus der Samenschale herauskommen. Die letzterwähnte Anomalie ist nach HAACK's (S. 445) Ansicht darauf zurückzuführen, dass das Embryo im Innern des Samens in umgekehrter Stellung liegt. In unserem Material gibt es zahlreiche Beispiele für sämtliche von HAACK beschriebene Fälle.

Während der ersten Keimungsphase schwellen sowohl Endosperm wie Embryo durch Wasseraufnahme bedeutend an. Wenn das Embryo zu wachsen beginnt, verändert sich zugleich seine Farbe, sodass das Embryo eine gelbliche und die Keimblätter eine grünliche Färbung annehmen, welche Farbenveränderung, wie schon weiter oben erwähnt wurde, sich zuweilen auch bereits vor der Keimung an besonders gut gereiften Kiefern- und Fichtensamen beobachten lässt. HAACK's Behauptung (S. 443), dass die Keimung ausschliesslich an der Wurzelspitze beginne, kann demnach nur unter der Voraussetzung gelten, dass man unter Keimung vorzugsweise das Wachsen des Embryos versteht.

Interessant ist es ebenfalls, das Keimen von polyembryonalen Samen zu verfolgen. Fig. 13 gibt Schnitte von solchen, im Keimen begriffenen Samen wieder. Wie aus dem Bilde ersichtlich ist, wachsen sämtliche Embryonen anfangs gleichzeitig nebeneinander. Indessen verhält es sich meist so, dass das oberste Embryo, bei zunehmender Länge seine weiter unten stehenden Geschwister vor sich her durch die Mikropyle ganz aus dem Sameninnern hinausdrängt, wie auf Fig. 14, C e2 zu sehen ist. Derart ausgestossenen Embryonen, die nun keine Nahrung mehr aus dem Endosperm erhalten können, fehlt

¹⁾ Vgl. auch EIDE 1923, S. 50.

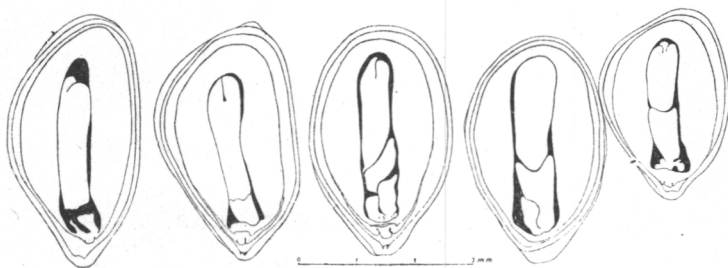


Fig. 13. Gespaltete, polyembryonale, im Keimen begriffene Kiefersamen.
 Kuva 13. Halkaistuja, monialkioisia, itämässäolevia männynsiemeniä.

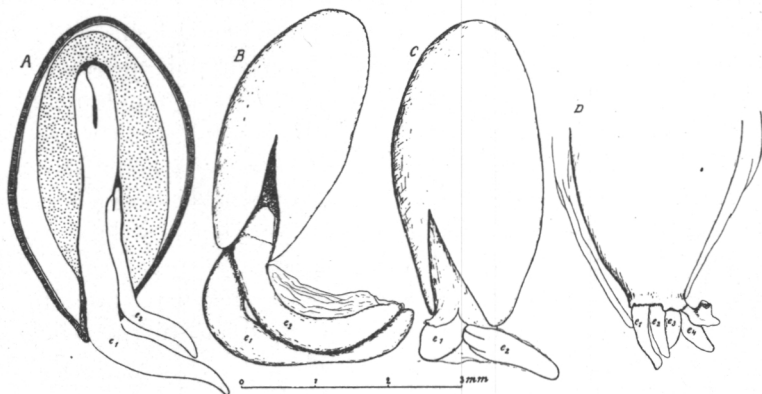


Fig. 14. Anormale, keimende Kiefersamen.
 Kuva 14. Epänormaaleja, itäviä männynsiemeniä.

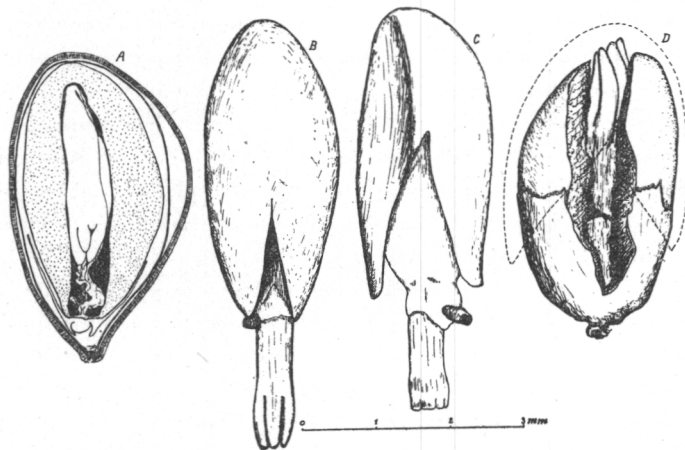


Fig. 15. Anomalie-Fälle. A. Umgekehrte Stellung des Embryos. B. Keimung von Kiefersamen mit den Keimblättern voran. C. Dgl. von Fichtensamen. D. Endosperm durch das Embryo entzweigebrochen. Die Lage der Samenschale durch die zerbrochene Linie bezeichnet.

Kuva 15. Anomalia-tapauksia. A. Ylösalasin kääntynyt alkio. B. Sirkkalehdet edellä itänyt männynsiemen. C. Samoin itänyt kuusensiemen. D. Alkio on murtanut valkuaisen halki. Katkoviiva osoittaa siemenkuoren paikkaa.

jede Voraussetzung zur Weiterentwicklung. Auch auf Tafel V Fig. 2, 7 und 8 kann man Photographieen von im Keimen begriffenen Samen mit ausgestossenem Embryo (E2) sehen; auf Fig. 8 ist es nur sehr klein, auf Fig. 7 beträchtlich grösser. In anderen, bei weitem selteneren Fällen, sitzen die Embryonen im Innern des Endosperms nebeneinander, wodurch sie daran verhindert sind, einander hinauszudrängen. Ihre Entwicklung schreitet gleichmässig fort, sodass sich also durch die Mikropyle mehrere Wurzeln nebeneinander hinausdrängen. Derartige Fälle sind in Fig. 14, A, B und D dargestellt. Es scheint nicht ausgeschlossen, dass in günstigen Fällen aus ein und demselben Samen 2 Pflanzen entstehen könnten. Tafel V Fig. 2, 6 und Fig. 16 stellen einen solchen Fall vor. Bei unseren Keimungsversuchen kamen wiederholt derartige Zwillinge vor. Theoretisch ist es wohl möglich, dass aus ein und demselben Samen sogar mehr als 2 Keimpflanzen entspringen könnten (vgl. Fig. 4 D). Da sich die, im Endosperm enthaltene Nahrung jedoch auf mehrere Keime verteilt, so verbleiben letztere selbstverständlich recht schwach und sind infolgedessen sehr wenig konkurrenzfähig. Fig. 15 B u. C gibt einen Fall, in dem die Keimblätter voran herauskommen, wieder, eine Erscheinung, die bei Nadelholzsamen recht allgemein verbreitet ist. Bei der Spaltung der Samen findet man oft den in Fig. 15 A dargestellten Fall, wo also das Embryo sich in umgekehrter Stellung befindet, und die Keimblätter nach der Mikropyle hin gewendet sind. Es liegt auf der Hand, dass ein umgekehrtes Keimen, wofür wir in Fig. 15 B ein Beispiel für die Kiefer und in Fig. 15 C für die Fichte haben, auf dieser umgekehrten Lage des Embryos im Sameninnern beruht. Fig. 2, 1, 3 und 4 der Tafel V stellen ausserdem Photographieen von Samen, die mit den Keimblättern voran gekeimt haben, dar. Recht oft kommt ebenfalls der auf Fig. 15 D und auf Fig. 2, 9 in Tafel V abgebildete Fall vor, in welchem das

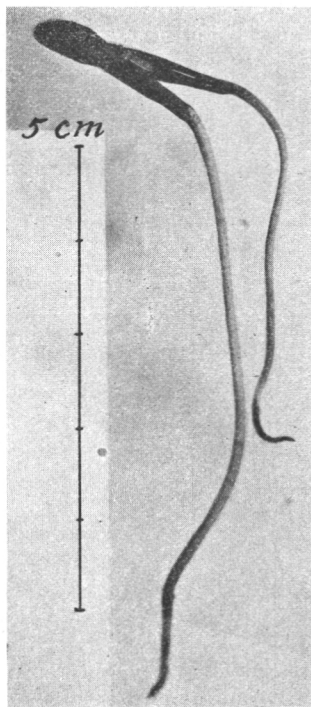


Fig. 16. Ein Polyembryoniefall bei der Kiefer. Zwei lebensfähige Keimpflanzen entwickeln sich aus ein und demselben Samen.

Kuva 16. Moniembryoisuus tapaus männyllä. Kaksinähtävästi elinkyistä tainta kehittynyt samasta siemenestä.

Fig. 2, 1, 3 und 4 der Tafel V stellen ausserdem Photographieen von Samen, die mit den Keimblättern voran gekeimt haben, dar. Recht oft kommt ebenfalls der auf Fig. 15 D und auf Fig. 2, 9 in Tafel V abgebildete Fall vor, in welchem das

Embryo bei seinem Wachsen den Samen sprengt, vermutlich weil die Mikropyle aus irgendeinem Grund verstopft oder die Wurzel unentwickelt verblieben ist. Da bei derartigen Anomaliefällen die Wurzel der Keimpflanzen nicht in Kontakt mit dem Erdboden kommen kann, haben Keimpflanzen, die mit den Keimblättern voran gekeimt haben, keine Möglichkeit zur Weiterentwicklung.

Fig. 17 gibt einen Fall wieder, in welchem die Keimpflanze zwei Wurzelansätze, ein flaches Hypokotyl und ungleich grosse Keimblätter hat. Eine derartige Missbildung ist wahrscheinlich durch embryonale Verwachsung zweier Embryonen entstanden. In unserem Material kamen öfters derartige

Fälle vor. Eventuell könnten sich einzelne von solchen Verwachsungen auch weiter entwickeln.

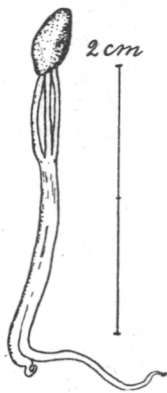


Fig. 17. Embryonale Verwachsung der Kiefern-Keimpflanzen.

Kuva 17. Mänyntaimien embryonalinen yhteenkasvettuminen.

Keime, an denen die Wurzel mehr oder weniger unentwickelt verblieben ist, sind recht gewöhnlich. Fig. 18 stellt einen Fall dar, wo sich der Keim noch ganz und gar im Innern des Samens befindet. Nur der schraffierte Teil war lebend und hatte sich weiter entwickelt, während die Wurzel gebräunt und gestorben war. In anderen ähnlichen Fällen drängt das Hypokotyl jedoch aus der Mikropyle heraus, und bei nahezu völligem Fehlen der Wurzel hat die ganze Jungpflanze eine grüne Färbung. Selbstverständlich ist ebenfalls eine Weiterentwicklung von derartigen wurzellosen Keimen unmöglich. In einzelnen Fällen ist sogar der Stiel beinahe völlig verkümmert, so dass die Keimpflanze ausschliesslich aus, durch ein ganz kurzes Stielende miteinander verbundenen Keimblättern besteht. Dagegen wurde niemals ein Fall beobachtet, in welchem die Keimblätter verkümmert und Wurzel und Stiel allein entwickelt gewesen wären.

Was nun die Menge der oben beschriebenen Anomaliefälle bei den Samen der einzelnen Qualitätsklassen betrifft, so lassen sich in dieser Beziehung grosse Unterschiede zwischen ihnen konstatieren. Bei schwachentwickelten Samen gehören die, infolge von Polyembryonie auftretenden Anomalien zur Regel. Auch die meisten anderen oben genannten Anomaliefälle kommen bei schwächer entwickelten Samen bei weitem häufiger als bei gutentwickelten vor. Ferner lässt sich beobachten, dass es unter den langsamer

keimenden Samen ein und derselben Probe einen höheren %-Satz von Anomaliefällen gibt als unter den schneller keimenden. Eine Ausnahme bilden die mit den Keimblättern voran keimenden Samen, von denen es unter den zuerstgekeimten ungefähr ebenso viele gibt wie unter den später gekeimten.

Bei der Keimung der Samen aus dem Jahre 1924 wurden genauere Berechnungen über die anormal keimenden Samen angestellt, wobei zu den anormalen diejenigen im vorigen besprochenen Fälle gerechnet werden, in denen eine weitere Entwicklung des Keims augenscheinlich unmöglich gewesen wäre (folglich gehören z. B. die meisten Polyembryoniefälle nicht zu diesen Anomaliefällen). Hierbei zeigte es sich, dass bei den unsortierten Kiefern Samen des relativ günstigen Sommers von 1924 die Anomaliefälle 0—3.5 % der Gesamtmenge der Samen betrug. Diese Samen wurden nicht zu den keimenden gerechnet.

2. *Die Keimfähigkeit in den einzelnen Entwicklungsklassen.* Allem Anschein nach gibt der Keimprozent einer jeden Probe an und für sich nur einen indirekten Begriff von der Keimfähigkeit der, den verschiedenen Entwicklungsklassen zugehörnden Samenkörner. Allerdings wäre die Annahme berechtigt, dass die bestentwickelten Samen in jeder Probe zuerst und sicherer als die schwächer entwickelten keimen. Indessen leuchtet es ein, dass auch ein Teil der besser entwickelten Samen in Keimungsversuchen ungekeimt verbleiben kann. Genaueren Aufschluss in dieser Frage dürfte man durch eine genügende Verlängerung der Keimungsfrist (s. EIDE 1923) und durch Untersuchung der ungekeimt verbliebenen Samen erhalten können. Auch bei einer Untersuchung letzterwähnter Art muss natürlich in Betracht gezogen werden, dass jedoch auch in den ungekeimten Samen eine Weiterentwicklung der Embryonen stattgefunden haben könnte. Die Erfahrung lehrt indessen, dass ein sehr grosser Teil der ungekeimten Samen, so gut wie gänzlich unentwickelt verblieben sind, so dass ihr ursprünglicher Entwicklungszustand nur insofern verändert erscheint, als die Embryonen infolge von Wasseraufnahme mehr oder weniger angeschwollen sind.

Tabelle VIII enthält die, bei einer Analyse der ungekeimt verbliebenen Samen des Jahres 1926 sich ergebenden Resultate. Auch hier

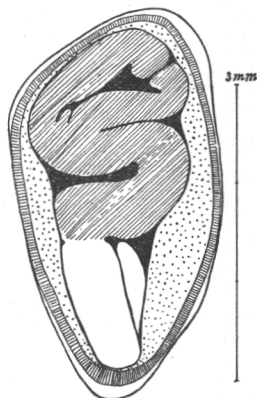


Fig. 18. Ein Kiefernembryo mit gestorbenen Wurzel.

Kuva 18. Männynalkio, jonka juuri on kuollut.

wurden nur 25 Samen aus jeder Keimungsprobe untersucht, soweit es überhaupt eine so grosse Anzahl ungekeimter Samen gab. Die einzelnen Entwicklungsklassen entsprechen hier den im obigen dargestellten Entwicklungsklassen der ungekeimten Samen. Zu den Entwicklungsklassen III—V sind jedoch die grünen Parallelklassen hinzugekommen, bei denen also die Keimblätter, oft auch die Stiele grün geworden sind. In ähnlicher Weise sind auch grössere oder kleinere Samenmengen aus den anderen Jahren untersucht worden.

Wie man aus der Tabelle erkennen kann, verbleiben bei Ausschluss der hohlen und verfaulten Samen vorzugsweise die am schwächsten entwickelten Samen ungekeimt. Doch lassen sich unter den ungekeimten Samen auch vereinzelte gesunde Exemplare aus den höheren Entwicklungsklassen finden. Aller Wahrscheinlichkeit nach hätte auch noch ein Teil von diesen gekeimt, wenn die Keimungszeit genügend verlängert worden wäre.

Es empfiehlt sich überhaupt, die ungekeimt verbliebenen Samen in obiger Art zu prüfen, da man hierdurch ziemlich genauen Aufschluss darüber erhalten dürfte, inwiefern die Verlängerung der Keimfrist eine Erhöhung des Keimungsprozents bewirken könnte.

3. *Im Sommer 1923 gereifte Kiefern Samen.* Klassifizieren wir nach Tabelle I die sowohl auf Bau und Keimfähigkeit hin untersuchten Samenproben, so kommen auf Qualitätsklasse O (vgl. S. 35) 10 Stück Proben; auf Klasse I 5 St.; auf Klasse II 15 St.; auf Klasse III 11 St.; auf Klasse IV 15 St. und auf Klasse V 39 St. Proben (Probe 72 nicht mit einberechnet). Der durchschnittliche Keimprozent dieser Proben war in Klasse O = 0.2, in Klasse I = 1.4, in Klasse II = 4.9, in Klasse III = 7.4, in Klasse IV = 43.7, in Klasse V = 74. Aus dieser Berechnung, ebenso wie aus dem Diagramm Fig. 11, S. 34, wo auch der Keimfähigkeitsprozent der Samen eines jeden Beobachtungsorts angegeben ist, tritt anschaulich die Tatsache zu Tage, dass der Keimprozent bei Verschlechterung der Entwicklungsstufe merkbar sinkt, und in Klasse O = 0 ist. Besonders in den Klassen IV und V ist er bedeutend höher als in den übrigen Klassen. Voll keimfähig ist praktisch genommen allein der Samen aus Klasse V (etwa 70 %) wenn schon auch der Samen der IV Klasse akzeptiert werden kann, speziell bei Beschaffung von Samen der nördlichen Kiefernrasse, also aus einem Gebiet, wo Samen ja sehr selten besser reift. Zu Versuchszwecken darf auch der Samen der III Klasse (Keimfähigkeit unter 10 %) nicht unterschätzt werden, wenn man Keimlinge der Waldgrenzenkiefer erhalten will.

Bei einer näheren Prüfung der Keimfähigkeit in verschiedenen

Teilen von Finnland im Sommer 1923, zeigt sich, dass in den südwestlichen Gegenden des Landes (Beob.-Orte 71, 72, 80, 81, 82) der Keimprozent 90 % übersteigt. Desgleichen beträgt auf dem karelischen Isthmus (Beob.-Orte 87 und 88) etwas weiter im Innern des Landes (Beob.-Orte 73, 74, 79, 83) der Keimprozent über 80 %. Samen, von den mehr als 75 % keimen, gibt es südlich von der Linie, welche aus der Gegend von Pori nach Kolho, Korpilahti, Heinävesi und von hier südostwärts nach Salmi gezogen werden kann. Die nördliche Grenze der mit über 50 % keimenden Samen läuft vom Kannus nach Ätsäri, wendet sich von hier wieder nordwärts, eventuell bis in die Nähe von Iisalmi und geht dann ost-südostwärts nach Eno. Die Nordgrenze der mit über 25 % keimenden Samen verläuft östlich von Kestilä südwärts von Sukeva und Nurmes. Überall nördlich von dieser Grenze, also in der ganzen Nordhälfte von Finnland, keimten die Samen in den meisten Fällen nur mit einigen Prozentsen oder garnicht.

Nach HAGEM ist die Keimfähigkeit von Samen bei einer Sommertemperatur von 10.0° schlecht, bei 10.2 — 10.5° schlecht — einigermaßen gut, über 10.5° gut (von Samen keimten nach Aussonderung der hohlen, über 50 %) und bei einer Sommertemperatur von über 11.7° ist die Reifung der Samen vorzüglich (der Pflanzen-% über 60 in gleicher Weise berechnet).

Ein Vergleich von HAGEM's Resultaten mit den aus vorliegenden Untersuchung erhaltenen, lässt sich deshalb nicht gut anstellen, weil in letzterer die Keimprozente nur für unsortierte Samen berechnet wurden. Doch scheinen die Ergebnisse im grossen und ganzen gut übereinstimmend zu sein.

EIDE hat (1923) Untersuchungen über die Keimfähigkeit der unsortierten nord-norwegischen Kiefernnsamen aus dem äusserst günstigen Jahr 1920 vorgenommen. Es gelang ihm, unter besonderen Vorsichtsmassregeln eine Keimungsfrist von 200 Tagen zu benutzen. EIDE bestätigt im grossen und ganzen HAGEM's Resultate. Er hebt hervor, dass die Keimfähigkeit des Samens zum grossen Teil auf der Menge der leeren Samen beruht, die wiederum, ebenso wie die Zahl der toten Samen, auf der Sommertemperatur beruht, und zwar die Zahl der leeren Samen vor allem auf der Sommertemperatur des Blütejahres. Ausnahmen von dieser Regel werden durch örtliche Verhältnisse, durch zufällig wirkende klimatische Verhältnisse und durch periodisch wirkende Blütenverhältnisse (vgl. HAGEM und RENVALL) verursacht.

Vergleichbar sind auch SCHOTTE's (1924 a und b) Resultate desselben Jahres aus Schweden, da auch diese sich auf ein unsortiertes

Material gründen. Nach denselben war der Keimprozent nördlich von der 10° Sommertemperaturkurve = 0 (in Finnland durchschnittlich 1.0 %, von 0—5 % schwankend); in der 10—11° Zone war er 2—20 % (in Finnland durchschnittlich 17.6 %, von 1—45—67 % schwankend); bei einer Sommertemperatur von über 12° fiel der Samen in Schweden gut oder sehr gut aus (Keimprozent in Finnland durchschnittlich 74.2 %, von 14—96 % schwankend). Die Resultate aus Finnland bezeichnen im allgemeinen eine höhere Keimfähigkeit als die von SCHOTTE aus Schweden erhaltenen, wenn sie auch in gleicher Richtung gehen.

4. *Im Sommer 1924 gereifte Kiefern Samen.* Aufschluss über die Keimfähigkeit in den niederen Entwicklungsklassen des Jahres 1924 können wir nur aus ganz wenigen Proben erhalten.

Keimprozent in Kl.	II ist	.....	1.7 %
»	» » III »	.....	5.9 »
»	» » IV »	.....	35.7 »
»	» » V »	.....	66.2 »

Diese Mittelwerte bezeichnen eine etwas geringere Keimfähigkeit, als die der Samen des vorigen Sommers (1923) war.

Berechnet man die Mittelwerte nach den Sommertemperaturzonen, so bemerkt man, dass der Keimprozent für die 11—12° Zone 44.0 %, südlicher davon 67.2 % beträgt. Auch diese Zahlen sind niedriger als die im Jahr 1923 aus den entsprechenden Sommertemperaturzonen erhaltenen Werte. Von Interesse und Wichtigkeit ist die Feststellung der Tatsache, dass in Süd-Finnland, wo in diesem Jahr eine Sommertemperatur von über 14° herrschte, der Keimprozent durchschnittlich nur 63.6 % betrug, mit anderen Worten, keineswegs besser als weit nördlicher gleich unterhalb der 12° Isotherme war.

5. *Im Sommer 1926 gereifte Kiefern Samen.* Bei einer Berechnung der Keimfähigkeit von Kiefern Samen der einzelnen Qualitätsklassen erhalten wir:

Keimprozent in Kl.	O ist	.....	0 %
»	» » I »	.....	0.2 »
»	» » II »	.....	4.5 »
»	» » III »	.....	28.8 »
»	» » IV »	.....	44.8 »
»	» » V »	.....	85.7 »

Es zeigt sich also, dass die aus diesem Sommer erhaltenen Resultate gut mit denjenigen des Sommers 1923 übereinstimmen, jedoch mit der zu beachtenden Ausnahme, dass im Jahr 1923 der Keimprozent der III Klasse nur 7.4 bei 28.8 im Jahr 1926 war. Der letzterwähnte, abweichende Wert ist auf Rechnung der Beobachtungsorte 11 (Kemi-järvi) und 12 (Kuolajärvi) zu setzen, in denen der Keimprozent 43.5 resp. 45.1 betrug. Nach der anatomischen Analyse stehen diese Proben schon der IV Klasse recht nahe (siehe Tabelle III), so dass der für den Sommer 1926 erhaltene Mittelwert tatsächlich zu hoch sein dürfte.

Untersucht man die Keimfähigkeit in den verschiedenen Sommertemperaturzonen, so ergibt sich für nördlich von der 10° Isotherme ein Keimprozent von 0.1; für 10—11° 23.0 %; für 11—12° 62.3 % und für südlich von der 12° Isotherme 85.6 %. Die entsprechenden Zahlen für das Jahr 1923 sind 1.0, 17.6, 53.3 und 74.2, so dass also die Zahlen in dieselben Grössenklassen fallen, jedoch im Jahr 1926 beinahe durchgängig eine höhere Keimfähigkeit aufweisen als im Jahr 1923.

6. *Im Sommer 1920 gereifte Kiefernnsamen.* Die von HEIKINHEIMO erhaltenen Keimprozente werden auf Tabelle IV wiedergegeben. Die bei den Keimungsversuchen benutzten Samen waren, ebenso wie die von HAGEM verwendeten, sortiert worden, infolgedessen die Ergebnisse nicht unmittelbar mit den in dieser Untersuchung erzielten vergleichbar sind. Man kann jedoch auch nach dem Sommer 1920 eine sehr deutlich zu Tage tretende Korrelation zwischen der Entwicklungsstufe und der Keimfähigkeit der Samen wahrnehmen, wie schon HEIKINHEIMO in seiner Untersuchung nachgewiesen hat.

7. *Im Sommer 1923 gereifte Fichtensamen.* Klassifiziert man die Fichtensamenproben auf der Basis ihrer Qualität in der oben angegebenen Weise, und berechnet man den Mittelwert der Keimprozente in jeder Klasse, so erhält man folgende Werte:

Keimprozent in Kl. O ist	0 %
» » I »	3.6 »
» » II »	12.5 »
» » III »	(17) »
» » IV »	48.9 »
» » V »	48.7 »

Wenn man diese Prozentwerte mit den entsprechenden Zahlen für die Kiefer vergleicht, so bemerkt man, dass die Keimfähigkeit der Fichtensamen, mit Ausnahme der letzten (V) Klasse um vieles besser

ist. Vermutlich würde der Keimprozent der Fichtensamen sich noch höher stellen, wenn nicht die Anzahl der hohlen Samen so unverhältnismässig gross gewesen wäre. In den Klassen IV und V wird der Keimprozent hauptsächlich gerade durch den hohlen Samen bestimmt.

Bei einer Prüfung der Keimfähigkeitsverhältnisse an der Hand der Isotermenkarte, sieht man, dass der Keimprozent nördlich von der 10°-Isoterme von 0—7.5 schwankt, mit einem Mittelwert von 2.4 %; in der zwischen 10—11° belegenen Zone schwankt er von 1—64.5, mit einem Mittelwert von 26.3 %; zwischen 11—12° beträgt die Schwankung 7.5—62, Mittelwert 40.8 %; südlich von der 12°-Isoterme ist sie 20.5—76.4, Mittelwert 48.8 %. Auch hier ist zu konstatieren, dass in ein und derselben Gegend die Keimfähigkeit bei Fichtensamen besser als bei Kiefern Samen ist. Eine Ausnahme bilden die Gebiete von Mittel- und Süd-Finnland, wo die Keimfähigkeit der Fichtensamen, vornehmlich infolge der grossen Menge von hohlen Samen, auch nicht annähernd die gleiche Höhe wie bei der Kiefer erreicht.

8. *Im Sommer 1924 gereifte Fichtensamen.* Sämtliche untersuchten Proben gehören zur V Qualitätsklasse und stammen aus der Zone unterhalb der 12° Isoterme. Der Mittelwert der Keimprocente ist 46.7, und deckt sich ungefähr mit den aus dem verflossenen Jahr für Klassen IV und V erhaltenen Werten. Infolge der grösseren Menge von hohlen Samen nimmt die Keimfähigkeit auch in diesem Jahr nach Norden hin ab. Berechnen wir die Mittelwerte der Keimprocente für die Beobachtungsorte 8—12, 14—32 und 33—49 (siehe die Tabelle) so erhalten wir entsprechend 29.9, 47.1 und 54.1. Die Menge der hohlen Samen in den entsprechenden Ortsgruppen betrug 63.7 %, 45.5 % und 40.6 %. Addieren wir die Prozentwerte der hohlen und der keimenden Samen, so erhalten wir entsprechend 93.6, 92.6 und 94.7, oder annähernd gleichgrosse Zahlen, woraus erhellt, dass die Abnahme der Keimfähigkeit nach Norden hin direkt durch die Zunahme der hohlen Samen bedingt wird. (Es mag erwähnt sein, dass die Menge der hohlen Samen in der entsprechenden Temperaturzone im vergangenen Jahr durchschnittlich 39.6 %, also ein wenig kleiner als nach dem Sommer 1924 war, was ja auch in Übereinstimmung mit der besseren Keimfähigkeit ist.)

9. *Im Sommer 1920 gereifte Fichtensamen.* Auch die Samen dieses Sommers gehören sämtlich zu V Klasse. Der Mittelwert der Keimprocente von 3 Proben war 65.5. Er ist auf so spärliche Beobachtungen gegründet, dass nur seine Zugehörigkeit zu derselben Grössenklasse, zu der auch die im vorigen Jahr aus den entsprechenden Sommertemperaturzonen gewonnenen Prozentzahlen gehören, fest-

gestellt werden kann. Die Keimungsergebnisse der Samen aus dem Sommer 1920 sind auf Tabelle IV wiedergegeben. Auch ihrer gibt es nur wenige und wurden die Prozentzahlen teilweise durch eine andere Untersuchungsmethode erhalten, so dass wir uns hier nur mit einem Hinweis auf dieselben begnügen.

XII. Schlussergebnisse.

Die Ergebnisse, zu welchen vorliegende Untersuchung geführt hat, bestätigen die Resultate zahlreicher Forscher (SCHOTTE, RENVALL, LAKARI, HAGEM, HEIKINHEIMO, WIBECK u. a.), demgemäss eine Verjüngung der Kiefer und Fichte in den Waldgrenzengenden nur selten stattfinden kann. Unsere Untersuchung hat deutlich dargelegt, dass dies auf der mangelhaften Entwicklung der Samen beruht, welche Erscheinung ihrerseits in offenbarem Ursachenzusammenhang mit dem Tiefstand der Sommertemperatur steht. Die Nordgrenze des gutentwickelten Samens wechselt von Jahr zu Jahr in Übereinstimmung mit dem Verlauf der Sommerisothermen.

In Finnland gehört in normal warmen Sommern nahezu die ganze Nordhälfte des Landes zu einem Gebiet, in dem die Samenentwicklung mehr oder weniger mangelhaft ist, und in den Waldgrenzengenden entsteht auch in normalen Jahren infolge von mangelhafter Entwicklung so gut wie völlig keimunfähiger Samen; selbst in den günstigsten Jahren bildet sich an letztgenannten Orten nur schwacher Samen, der sehr schlecht keimt.

Es muss daher ausdrücklich betont werden, dass die obenbesprochene Dürftigkeit der Verjüngung in nördlichen (und auf Fjelden belegenen) Naturwäldern durch eine unterhaltige Samenentwicklung bedingt ist und keineswegs z. B. auf einer Verschiedenheit der Holzrasse oder auf, für die Keimung nachteiligen Bodenverhältnissen beruht.

Von waldbaulichem Standpunkt aus bedeutet dies vor allem, dass man bestrebt sein muss, sich die selten eintretenden, günstigen Sommer zu Nutze zu machen, indem man für reichhaltige Samenvorräte aus solchen Jahren sorgt, und andererseits, dass man die schlechten Verjüngungsverhältnisse in den Waldgrenzengenden in erster Linie durch hinreichendes Aussäen von möglichst keimfähigem Samen daselbst aufzubessern suchen soll.

Ferner kann man den Schluss ziehen, dass die Waldgrenzenverhältnisse in sehr hohem Masse durch die Verjüngungsvoraussetzungen und mittelbar zunächst durch die Sommertemperaturverhältnisse bestimmt werden. In kritischen Waldgrenzengebieten kann schon

eine genügend andauernde Temperatursenkung oder -steigerung von $\frac{1}{2}$ Grad eine deutlich bemerkbare Verschiebung der Waldgrenze zur Folge haben.

Man kann z. B. in dem Versuchsrevier von Laanila in Süd-Inari an der Waldgrenze der Fjelde und insbesondere in den subalpinen Gebieten die Beobachtung machen, dass die daselbst vorkommenden alten und jungen Kiefern durchweg gesund und vegetativ normal entwickelt sind, obwohl ihre Samen nur äusserst selten zur Reife gelangen. Die Folgerung wäre berechtigt, dass auch auf künstlichem Wege herangezogene Kiefernverjüngung in den in Frage stehenden Gegenden Voraussetzung haben dürfte, sich zu wertvollen Bäumen heranzuentwickeln.

LITERATUR.

- BUCHHOLZ, TH.: 1918; Suspensor and early embryo of Pinus. The Botanical Gazette Vol. 66. S. 185—228.
- BURGENSTEIN, A.: 1900; Ueber das Verhalten der Gymnospermen-Keimlinge im Lichte und im Dunkeln. Berichte der deutschen botanischen Gesellschaft. Bd. XVIII. S. 168—184.
- CAJANDER, A. K.: 1917; Metsänhoidon perusteet II, Suomen dendrologian pääpiirteet. Porvoo 1917.
- CANNELIN, TH.: 1900; Utdrag ur berättelsen om några forstliga undersökningar och försök vid Mustila åren 1896, 1897 och 1898. Finska Forstföreningens meddelanden. Bd. 16.
- EIDE, E.: 1923; Om temperaturmålinger og frøsaetning i Nord-Norges furuskoger 1920. Meddelelser fra Det Norske skogsforsøksvæsen. Hefte 3, s. 39—87.
- ENGLER, A.: 1913; Einfluss der Provenienz des Samens auf die Eigenschaften der forstlichen Holzgewächse. Mitteilungen der schweizer. Centralanst. f. d. forstliche Versuchswesen. Bd. X, H. 3.
- HAACK: 1906; Über die Keimung und Bewertung des Kiefernssamens nach Keimproben. Zeitschr. für Forst- und Jagdwesen. Bd. 38, S. 441—475.
- HAGEM, O.: 1917, Furuens og granens frøsaetning i Norge belyst ved undersøkelse av kongleaarene 1912—13—14. Meddelelse fra Vestlandets forstlige forsøksstation. Bd. 1, H. 2.
- HEIKINHEIMO, O.: 1920; Pohjois-Suomen kuusimetsien esiintymisen, laajuus ja puuvarastot. Ref.: Vorkommen, Umfang und Holzvorräte der Fichtenwälder in Nord-Finnland. Comm. ex. instit. quaest. forest. Finl. ed. Tom. III.
- 1920 a; Suomen lumituhalueet ja niiden metsät. Ref.: Die Schneeschadengebiete in Finnland und ihre Wälder. Ebenda. Tom. III.
- 1920 b; Kuusimuodoista ja niiden metsätaloudellisesta arvosta. Ref.: Über die Fichtenformen und ihren wirtschaftlichen Wert. Ebenda. Tom. II.
- 1921; Suomen metsärajametsät ja niiden vastainen käyttö. Ref.: Die Waldgrenzenwälder Finnlands und ihre künftige Nutzung. Ebenda. Tom. IV.

- HEIKINHEIMO, O.: 1922; Pohjois-Suomen kuusimetsien hoito. Ref.:
Über die Bewirtschaftung der Fichtenwälder Nordfinnlands.
Ebenda. Tom. V.
- HEMPEL & WILHELM: 1889; Die Bäume und Sträucher des Waldes, Wien.
- HERRMANN: 1919; Die Keimungsenergie des Kiefernnsamens. Naturw.
Zeitschr. für Forst- und Landwirtschaft. Jahrg. 1919. H. 1—2.
- KAIRAMO (KIHLMAN), A. O.: 1890; Pflanzenbiologische Studien aus Russisch Lappland. Acta soc. pro Fauna et Flora Fennica. Tom. VI.
- KERÄNEN, J.: 1925; Temperaturkarten von Finnland. Mitteilungen der Meteorologischen Zentralanstalt des Finnischen Staates. N:o 17.
- KUJALA, V.: 1924, Laskelmia lehtipuiden lehtikauden pituudesta ja puiden kukkimisajoista Suomesta. Ref.: Berechnungen über die Länge der Laubperiode der Laubbäume und Blütezeiten der Bäume in Finnland. Comm. ex. instit. quæst. forest. Finl. ed. Tom. VII.
- KURDIANI, S.: 1908; Zur Frage über die Rassen der *Pinus silvestris*. Centralblatt für das gesammte Forstwesen. Jahrg. 1908, S. 229—.
- LAKARI, O. J.: 1915; Studien über die Samenjahre und Altersklassenverhältnisse der Kiefernwälder auf dem nordfinnischen Heideboden. Acta forest. fennica. Tom. V.
- LAKON, G.: 1911; Der Keimverzug bei den Koniferen und hartschaligen Leguminosensamen. Naturwissensch. Zeitschrift für Forst- und Landwirtschaft. 9. Jahrg. S. 226.
- MOELLER, J.: 1883; Über Quellung und Keimung der Waldsamen. Centralblatt für das gesammte Forstwesen. Jahrg. 1883, S. 9—18 und 155—165.
- PITTAUER: 1914; Studien über die Vielfarbigkeit von Schwarzkiefern-samenkörnern. Centralblatt für das gesammte Forstwesen. Jahrg. 1914, S. 185—202.
- RENVALL, A.: 1912; Die periodischen Erscheinungen der Reproduktion der Kiefer an der polaren Waldgrenze. Acta forest. fennica. Tom. I.
—»— 1912 a; Om orsakerna till depressionen af tallens skogsgräns. Finska Forstföreningens meddelanden. Bd. 29.
- REUSS, H.: 1884; Einige Versuche mit Fichtensamen. Centralbl. für das gesammte Forstwesen. Jahrg. 1884, S. 65.
- SCHMIDT, W.: 1926; Herkunftsermittlung bei Kiefern Saatgut. Neue forstsamenkundliche Wege nebst Rückblick auf bisherige. Forstliche Wochenschrift *Silva*. 14. Jahrg., Nr. 30, S. 233—239.
—»— 1926 a; Zum Faktor Feuchtigkeit bei der Herrichtung und Keimung des Kiefernnsamens. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen. 58. Jahrg., Hft. 1, S. 29—41.

- SCHOTT, P. K.: 1904; *Pinus sylvestris* L., Die gemeine Kiefer. Forstwissenschaft. Centralblatt. Jahrg. 1904.
- SCHOTTE, G.: 1905; Tallskottens och tallfröets beskaffenhet skördeåret 1903—1904. Meddelanden från Statens Skogsförsöksanstalt. Skogsvårdsföreningens Tidskrift 1905, S. 165—198.
- »— 1906; Über die Variation des schwedischen Kiefernzapfens und Kiefernsemens. Naturwissenschaftliche Zeitschrift für Land- und Forstwirtschaft. Jahrg. 1906. S. 22— .
- »— 1924; Tallfröets grobarhet 1923—1924. Preliminär redogörelse. Statens Skogsförsöksanstalt, Flygblad N:o 30.
- »— 1924 a; Ytterligare om norrländska tallfröets grobarhet 1923—1924. Statens Skogsförsöksanstalt, Flygblad N:o 32.
- SCHWAPPACH: 1906; Mitteilungen aus der Prüfungsanstalt für Waldsamens in Eberswalde. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen, 28. Jahrg. S. 505—515.
- SYLVÉN, N.: 1917; Den nordsvenska tallen. Meddelanden från Statens Skogsförsöksanstalt, H. 13—14. S. 1—110.
- WIBECK, E.: 1916; Om eftergroningen hos tallfrö. Meddelanden från Statens Skogsförsöksanstalt. H. 13—14. S. 201— .
- »— 1920; Det norrländska tallfröets grobarhet. Meddelanden från Statens Skogsförsöksanstalt. H. 17. S. 1—20.
- ZEDERBAUER, E.: 1908; Die Farbe des Weissföhrensamens als systematisches Merkmal. Centralblatt für das gesammte Forstwesen. Jahrg. 1908. S. 394—396.
-

Tutkimuksia männyn ja kuusensiemenien rakenteesta ja itäväisyydestä Suomessa.

I. Johdanto.

Syyt tutkimuksen tekoon. Levenemisalueidensa keskuksissa muodostavat puut tavallisesti siksi usein ja niin runsaasti itukykyistä siementä, että siemenien perustava merkitys lajiyhteisöjen ja metsien elämässä helposti jää siellä huomiotta. Sitävastoin ekstreemeissä olosuhteissa, kuten pohjoisten seutujen ja vuoristojen metsärajoilla, missä kelpollisen siemenen niukkuus aiheuttaa taimistojen niukkuutta ja vaikuttaa sen kautta määräävästi esim. metsärajasuhteihin, paljastuu siemenien merkitys helposti havaittavaksi.

Suuri osa Suomen pohjoisia metsäseutuja kuuluu alueihin, joilla männyn ja kuusen siemenvuosia sattuu paljon harvemmin kuin Keski- ja Etelä-Suomessa. Tämän vuoksi uudistuvat metsät siellä huonosti. Niille seuduille, missä metsänuudistus on epävarminta, on metsättömien alojen laajenemisen estämiseksi erotettu laajoja suojametsäalueita, joilta ei ensinkään hakata tai vain vähässä määrin hakataan eläviä puita.

Varsinkin RENVALL'in (1912) ja HEIKINHEIMON (1921) tutkimukset ovat osoittaneet, että syynä siemenvuosien harvinaisuuteen on m. m. se, että siemenet jäävät useina vuosina tuleentumatta. Tämän taas otaksutaan aiheutuvan ilmastosuhteiden epädullisuudesta metsärajaseuduissa. Kokemuksesta tiedetään, että myöskin etelämpänä siemenen itukyky vaihtelee vuosittain ainakin jonkun verran ja otaksuttavasti täälläkin pääasiassa ilmastollisista syistä.

Professori HEIKINHEIMON aloitteesta on Suomen metsätieteellinen koelaitos ottanut työohjelmaansa puiden siementuoton ja siemenien laadun sekä näissä suhteissa eri vuosina ja eri seuduissa todettavien vaihtelujen selvittelyn. Erittäin sopiva ajankohta näiden tutkimusten kannalta näytti sattuvan kesän 1923 jälkeen syystä, että männyllä oli tuona aikana hyvä käpyvuosi, mutta kesän ilmastosuhteet (lähinnä lämpösuhteet) sitävastoin olivat harvinaisen epädulliset. Näiden tutkimusten kannalta oli siis kysymyksessä luonnossa tapahtunut valtava koe epädullisilla ilmastosuhteilla. Tutkimuksilla oli pyrittävä selvittämään tämän kokeen tulokset. Tänä kriittisenä vuonna pantiinkin tämä tutkimus alulle ja samalla jatkoksi ja täydennykseksi niille tutkimuksille, joita HEIKINHEIMO aikaisemmin (1920a ja 1921) oli Pohjois-Suomessa tätä kysymystä selvittääkseen toimittanut.

Materiaalin keruu. Materiaalin saamiseksi laadittiin tarkoituksen mukainen käpyjen keräilyohje, joka lähetettiin metsänhoitajille y. m. asianymmärtäville henkilöille eri osiin maata.

Metsänhoitajat ja heidän alaisensa työnjohtajat sekä ne muut metsäammattihenkilöt, joiden puoleen siemennäytteiden hankinnassa on käännytty,

ovat suhtautuneet ymmärtämyksellä esitettyihin toivomuksiin ja mahdollisuuksien mukaan täsmällisesti noudattaneet keräilyohjeita, jonka vuoksi tutkimusta varten saatu materiaali on ollut rikas ja suhteellisen hyvä, antaen verrannollisen kuvan eri seuduista.

Ylläesitetyllä tavalla hankitun päämateriaalin lisäksi on hyväksi käytetty myös yksityisten henkilöiden ja laitosten koelaitokselle tutkittavaksi lähettämiä jo valmiiksi karistettuja siemennäytteitä, milloin luotettava tieto siemenien kotipaikasta ja keräysajasta on ollut saatavissa.

Siemennäytteiden käsittely ja tutkiminen koelaitoksella. Näytteet saapuivat ohjeen mukaisesti pian keruun jälkeen käpyinä metsätieteelliselle koelaitokselle. Siemenet on koelaitoksella karistettu erikoisessa sähköllä lämmitettävässä karistuslaitteessa, jossa lämpötila oli korkeintaan $+40^{\circ}\text{C}$.

Heti karistuksen jälkeen tehtiin tutkimus siemenien rakenteesta. Tätä varten erotettiin kustakin näytteestä valikoimatta 25—50 siementä, joista jokainen halkaistiin pitäen siementä vasemman käden peukalon ja etusormen välissä partaveitsellä keskeltä halki, minkä jälkeen leikkaus tutkittiin vahvasti suurentavalla suurennuslasilla (mikroskoopin objektiivilla N:o 3) tai päältäpäin valaistuna heikolla mikroskooppisuurennuksella. Piirustusprismaa apuna käyttäen piirrettiin tällöin myös suuri määrä kuvia esittämään eri näytteiden siemenien rakennesuhteita.

Siemensivut poistettiin hieromalla siemennäytettä varovasti käsin pienessä kangaspussissa. Tämän jälkeen poimittiin sekoitetusta näytteestä erilleen valikoimatta 400—600 siementä jaettuna 200 siemenen eriin. Kutakin erää pestiin sen jälkeen homehtumisen estämiseksi 1 min. aika 20 ‰ sublimaattiliuoksessa, jonka jälkeen seurasi huuhtelu juoksevalla vedellä. Pestyt näytteet pantiin heti idätysaparaattiin itämään. Käytettävänä oli kaksi JACOBSEN'in systeemin mukaista sähköllä lämmitettäviä aparaattia, joihin kumpaankin mahtuu 144 näytettä. Itäneet siemenet luettiin ja poistettiin aparaatista päivittäin; myöhemmin kuitenkin, kun itämistä enää niukasti tapahtui, luettiin itäneet 3—5 päivän väliajoin. Jälkeenpäin on useita näytteitä, joista saadut tulokset näyttivät jostain syystä epäilyttäviltä, tutkittu uudelleen. Samaten suoritettiin tyhjien siementen prosenttimääräykset erikseen, leikkaamalla rikki 100 siementä kustakin näytteestä.

Siemenien laskeminen ja idätykset on annettu koulitun apulaisen tehdä; sitävastoin anatoominen tutkimus on lopullisessa muodossaan kokonaan kirjoittajan työtä.

Kesälämpösuhteet.

Kesälämpö ja siementen kypsyminen. Useilla tutkimuksilla on osoitettu (viitattakoon vain SCHOTTE'n, RENVALL'in, HAGEM'in, VIBECK'in tutkimuksiin), että kesälämmöllä on ilmeisesti hyvin suuri merkitys siemenien kypsymisessä. Tämän vuoksi on syytä heti aluksi luoda lyhyt silmäys siihen Suomessa.

Tällöin tulee kuitenkin heti alussa vastaan kysymys: minkä tarkemmin määritellyn ajan lämpösuhteet lähinnä kysymykseen tulevat? Toistaiseksi ei tähän kysymykseen ole annettavissa täsmällistä vastausta, ja eri tutkijat ovat siitä jossain määrin erimielisiä. HAGEM (1917) ottaa huomioon neljän kuukauden (kesä—syyskuun) lämpötilan, WIBECK (1920) vain kolmen (kesä—

elokuun). Epäilemättä voi myös aikaisemmalla ja myöhäisemmällä kevät- ja syyskaudella olla merkitystä, mutta näyttää siltä, kuin keskikesän lämmöllä olisi todella ratkaisevin merkitys. Huomattava on, että kesälämpökäyrien kulku näillä eri tavoilla laskettuna on Suomessa siinä määrässä yhden-suuntainen, että suorastaan vertaamalla siementen kypsyneisyysvaihtelua eri tavoin laskettujen kesälämpökäyrien kulkuun ei voida päätellä, minkä kuukausien lämpö on kypsymisen lähinnä määrännyt.

Valaistusta tähän kysymykseen voitaisi saada tutkimalla siemenaiheiden ja siemenien kehittymistä luonnossa eri aikoina ja eri seuduissa. Tällaista tutkimusta ei, ikävä kyllä, vielä ole tehty. Jonkinlaisen orientoitumisen vuoksi kerättiin kesällä 1925 Ruotsinkylän kokeilualueelta (katso kartta 2, havaintopaikka 83) männyn käpyjä spriihin 15 p. heinäkuuta, 1 ja 15 p. elokuuta, sekä 1 ja 15 p. syyskuuta. Näistä kävyistä olivat 15 p. heinäkuuta kerätty puolikasvuisia, siemenet niissä myös puolikasvuisia ja litteitä. 1 p. elokuuta olivat kävyt ja siemenet normaalinkokoisia, mutta valkuainen viimemainituissa ei täyttänyt läheskään kuoren sisustaa, vaan se oli litteä, ja alkioita siinä oli vielä vaikea havaita. Jo 15 p. elokuuta valkuainen sensijaan täytti koko kuoren sisustan, ja alkio oli aivan täysimittainen. Myöhemmissä näytteissä ei ollut erikoisia uusia piirteitä havaittavissa.

Näistä havainnoista päättäen siemenet siis kypsyivät kesällä 1925 Etelä-Suomessa jo elokuulla, pääasiassa ennen sen puoliväliä. WIBECK'in (1920) tapa ottaa huomioon pääasiassa vain kolmen kuukauden kesälämpö näyttää siis ainakin suotuisina vuosina Etelä-Suomessa riittävältä. Koska kuitenkin syyskuukin on koko Suomessa vielä enimmäkseen pakkaseton, voi tälläkin kuukaudella olla huomattava merkitys siemenien kypsymisessä ainakin epäsuotuisina vuosina Pohjois-Suomessa, missä kasvukausi on yleensäkin haitallisen lyhyt. Tämän vuoksi näyttää sopivimmalta tässä koko Suomea käsittelevässä tutkimuksessa kesälämpösuhteita esittäessä ottaa huomioon myös syyskuun lämpö, kuten HAGEM ja myös SCHOTTE ovat tehneet.

Normaalit ja kukin tutkimusvuoden kesälämpösuhteet Suomessa. Tähän julkaisuumme liittyvä kartta 1 esittää lämpökäyrien kulun neljän kesäkuukauden, kesä — syyskuun, aikana, jonka ajan lämpö otetaan tässä tutkimuksessa ylläesitetyistä syistä vertailun pohjaksi.

Kun tarkastetaan 30 vuoden keskiarvoja esittävää karttaa N:o 1 s. 8, havaitaan, että normaaleina vuosina on Etelä-Suomessa 13.5° kesälämpö, maan pohjoisosissa 9—9.5° lämpö. Lämpö alenee yleensä säännöllisesti pohjoiseen päin mentäessä lukuunottamatta rannikkoseutuja, joilla kesälämpö on suhteellisen alhainen. Samoin tekevät lämpökäyrät Pohjanmaan vedenjakajaseudussa syvän polvekkeen etelään päin. Myös itärajoilla painuvat käyrät etenkin maan pohjoispuoliskossa huomattavasti etelään päin.

Ensimmäisenä tutkimusvuonna 1923 oli kylmä kesä. Niinkuin kartasta N:o 2 s. 36 nähdään, vallitsi Etelä-Suomessa yleensä 12.5° kesälämpö, ja yleensä kulkevat lämpökäyrät vähän enemmän kuin 1/2° normaalia alempana.

Toinen tutkimusvuosi 1924 oli taas harvinaisen lämminkesäinen. Etelä-Suomessa vallitsi, niinkuin kartasta N:o 4 s. 40 havaitaan, 14.5—15.0° kesälämpö ja 11.0° lämpökäyrä kulkee Etelä-Lapissa Sodankylän ja Inarin rajoilla.

Vuosi 1925, jona kuitenkin tehtiin vain vähän siementutkimuksia, oli myöskin erittäin edullinen lämpösuhteiltaan. Etenkin heinäkuun lämpö oli korkea, ollen 4—5° normaalia korkeampi, elokuun lämpö myös jonkun verran

(alle 1°) normaalia korkeampi, mistä johtuen Sodankylässä kesälämpö oli noin 11.8°, Inarissa 10.8°.

Vuosi 1926, jolta taas on runsaammin tutkimusainehistoa, oli kesälämpösuhteiltaan Pohjois-Suomessa jotakuinkin normaali, kun taas Etelä-Suomessa oli suhteellisen lämmintä, kuten käy selville vertailemalla lämpökäyrien kulua kartassa 1 ja 5 (s. 42) keskenään.

Tähän tutkimukseen liittyy myös ainehistoa harvinaisen lämpimältä kesältä v. 1920, jolloin Inarissa oli erittäin korkea eli 11.4° kesälämpö ja Sodankylässä 11.8° (vrt. kartta 6 s. 43).

Samoin kuin KERÄSEN lämpökäyräkartat, esittävät myös tämän tutkimuksen kartat kullakin paikalla vallinneet lämpösuhteet merenpintaan redukoimattomina. Kun korkeuserot Suomessa enimmäkseen ovat hyvin pienet, on niihin tarvinnut tässä tutkimuksessa yleensäkin vain vähän huomiota kiinnittää. Etenkin Pohjois-Suomen vaara- ja tunturiseuduissa on niillä kuitenkin siementen kehittymisen kannalta huomioonotettava merkitys, ja asianomaisissa kohdissa tullaankin kiinnittämään huomiota korkeussuhteista aiheutuviin poikkeuksiin.

Tutkimusainehisto käsittää siis sekä jotenkin normaaleissa olosuhteissa (v. 1926) että epäedullisissa (v. 1923) ja poikkeuksellisen edullisissa (vuodet 1920, 1924 ja 1925) kesälämpösuhteissa kehittyneitä siemeniä, ja on siksi odotettavissa, että sen perusteella käsilläoleva kysymys pääkohdittain voidaan ratkaista.

Siementen koko ja paino.

M ä n t y.

Siementen koon vaihtelu. Siementen koko on Suomessa epäilemättä pienempi kuin esim. Keski-Euroopassa. Sitävastoin — mikäli käsillä olevasta materiaalista tarkoitta mittauksista voidaan havaita — ei huomattavaa eroa siementen koossa ole enää Etelä- ja Pohjois-Suomen välillä. Samaten näyttää männyn siementen koko olevan jokseenkin riippumaton eri havaintopaikkojen kesälämpösuhteista ja siitä riippuvasta siementen kehittyneisyydestä. Heikosti kehittyneet utsjokelaiset ja petsamolaiset siemenet ovat arvosteltavat kooltaan usein pikemmin suuriksi kuin pieniksi eteläsuomalaisiin verrattuina. Männyn ja kuusen siementen normaalistikin kehittyessä kulkee kuoren kehitys edellä; kuori saavuttaa normaalikoon jo silloin, kun valkuainen on vielä aivan heikosti kehittynyt tai jäänyt kokonaan kehittymättä, jolloin muodostuu n. s. »tyhjä» siemen. Täten onkin ymmärrettävissä, miksi siemenen koko on suhteellisen riippumaton leveysasteista ja kesälämpösuhteista. Milloin huomattavia eroja on olemassa, riippunevat ne etupäässä rotuominaisuuksista. Erittäin epäedullisissa olosuhteissa metsärajoilla jäävät kävyt väliin pieniksi, kehittymättömiksi. Niissä olevat siemenet ovat silloin (etenkin kuusella) normaalia tuntuvastikin pienempiä.

Siementen painovaihtelu. Siementen painon tieteellisesti pätevä selvittely on ilmeisesti melkoisen monimutkainen tehtävä. Ilmeistä on, että se on hyvin suuressa määrässä riippuvainen m. m. siementen koosta, niiden kehittyneisyydestä ja tyhjien siemenien määrästä. Vuoden 1923 siemeniä ei punnittu. Sitävastoin on vuoden 1924 yleensä edullisissa lämpösuhteissa kehittyneistä siemenistä 600 valikoimatonsa kpl. kustakin näytteestä punnittu

200 siemenen erissä, ja näiden antamista arvoista laskettu 1 000 siemenen painot, jotka ovat esitetyt taulukossa 2. Niinkuin tästä taulukosta nähdään, vaihtelee paino 3.015 gr (hav. paikka N:o 14, Nurmes, Petäiskylä) — 5.502 (hav. paikka N:o 37, Laukaa, Lievestuore). Jo Inarin kirkonkylässä (1 q) esiintyy arvo 4.370 ja Rovaniemen Murolassa 5.445. Yleensä on kuitenkin etelä-suomalainen siemen jonkun verran painavampaa. Jos luokitellaan havaintopaikat niin että Lapin alueeseen luetaan havaintopaikat N:o 1—5, Pohjois-Suomen alueeseen N:ot 6—13, Keski-Suomen alueeseen N:ot 14—32 ja Etelä-Suomen alueeseen N:ot 33—49, saadaan näille alueille seuraavat keskiarvot:

Lappi	1 000 siemenen paino	3.601 gr
Pohjois-Suomi »	»	4.099 »
Keski-Suomi »	»	4.524 »
Etelä-Suomi »	»	4.663 »

Ero eri alueiden välillä on siis kuitenkin keskiarvon mukaan selvä. Aina-kin Lapin ja Pohjois-Suomen alueilla on myös siementen kehittyneisyys, kuten jalempänä tullaan osoittamaan, muutenkin heikempi, mistä siemenpainon pienemmyys siis voi suurimmaksi osaksi johtua. Jos laskelmat olisi tehty hyvin lajitellusta siemenestä, mistä tyhjät ja pienet siemenet suureksi osaksi ovat poistettut, olisi luonnollisesti saatu yleiseen korkeampia paino-arvoja.

K u u s i.

Siementen koon vaihtelu. Myös kuusensiementen koko saattaa olla ja usein onkin Pohjois-Suomessa ja Lapissakin yhtä suuri kuin Etelä-Suomessa. Ainoastaan erittäin epäedullisissa olosuhteissa, missä kävyt jäävät kitukasvuisiksi, ulottuu vaikutus siemeniin myös siten, että niiden koko jää pieneksi. Kuusi lienee tässä suhteessa arempi kuin mänty.

Siementen painovaihtelu. Myös kuusensiemenen paino on samanlaatuista seikoista riippuva kuin männyn. Todennäköisesti ovat sen lisäksi rotu-eroavaisuudet etelä- ja pohjoissuomalaisten kuusien välillä vielä suuremmat kuin mäntyjen. Jos ryhmitellään havaintopaikat samoin kuin männyllä, saadaan eri alueille seuraavat keskiarvot (havaintomateriaalia Lapin alueelta vuodelta 1924 puuttuu):

Pohjois-Suomi	1 000 siemenen paino	3.153 gr
Keski-Suomi »	»	4.343 »
Etelä-Suomi »	»	4.745 »

Painon väheneminen pohjoiseen mentäessä on siis kuusella v. 1924 huomattavasti jyrkempi kuin vastaavasti männyllä. Tämä voi riippua monesta seikasta. Tyhjien siementien määrä on ollut pohjoisessa suurempi kuin etelässä, kuten taulukosta VI havaitaan. Mistä tämä johtuu, ei ole tullut selvitettyksi. Tyhjien määrään ovat kyllä osaksi vaikuttaneet harvinaisen runsaana esiintyneet äkämäpistiäiset (*Cecidomyia*), jotka loisivat siementen sisällä; ilmeisesti on osaksi kuitenkin kysymyksessä myös huono pölyytys y. m. \pm tilapäiset esteet. Osaksi voivat kuuset myös olla, kuusimetsien keskittyessä korkeammille maille, kasvaneita epäedullisemmissä olosuhteissa kuin männyt. Mikä merkitys on edelleen puurodun muuttumisella (*fennica - obovata*-muodot) on tuntematonta.

Siementen väri.

M ä n t y.

Kun tarkastetaan hyvin kehittyneiden siementen väriä, havaitaan sen vaihtelevan harmaanvalkeasta mustaan. Kuitenkin ovat siemenet sangen helposti luokiteltavissa kolmeen pääryhmään: 1. mustat ja mustanruskeat (usein mustapilkkuiset), 2. keltaiset ja kellanruskeat (useimmiten mustalla pilkutettuja) ja 3. harmaanvalkea (tavallisesti jonkun verran mustapilkkuiset). Tällöin ovat vaaleat tyhjät siemenet luonnollisesti jätettävä huomioonottamatta. Mustien siementen yläpinta on tavallisesti sileä, samoin usein keltapohjaisten, kun taas valkeiden yläpinta on tavallisesti kyhmyinen. Poikkeuksellisesti tavataan joskus kyhmypintaisia mustia siemeniä ja hyvin usein tavataan kyhmypintaisia keltaisia siemeniä. Taulun I kuva 1 esittää täysin kehittyneitä siemeniä. Oikeanpuoleisessa valkeanharmaassa siemenessä voidaan havaita pintakyhmyt; keskimmaisessa, keltaisessa, on niitä hieman, vasemmanpuoleisessa mustassa ei lainkaan. Näiden pääväri-tyyppien runsaussuhde vaihtelee eri näytteissä melkoisesti. Joka tapauksessa ovat mustat ilmeisesti runsaimmin, keltaiset niitä niukemmin ja valkeat keltaisiakin niukemmin tavattavia. Eräässä Veikkolan kokeilualueelta talvella 1926—27 kerätyssä suurenpuoleisessa siemenvarastossa jakautuivat nämä väri-tyypit siten, että valkeita oli 6.7 %, keltaisia 25.4 %, mustia 67.9 %. Runsaimmin on valkeita siemeniä vuoden 1926 näytteessä Hämeenkanakaalta, missä niitä on yli puolet siemenistä. Vertailun vuoksi mainittakoon, että eräässä Unkarista talvella 1926—27 lähetetyssä männynsiemennäytteessä oli valkeita 13.9 %, keltaisia 28.6 % ja mustia 57.5 %.

Kun tutkitaan näiden eriväristen siementen sisärakennetta, ei siinä suhteessa sanottavaa eroa voida havaita. Idätyskokeet sitävästoin osoittavat, että valkeat siemenet itävät melkoista nopeammin kuin mustat. Samaan tulokseen on jo aikaisemmin TH. CANNELIN (1900) tullut tehdessään idätyskokeita mustilla ja valkeilla eteläsuomalaisilla männynsiemenillä.

Siemeniä halottaessa niiden anatoomisen rakenteen tutkimista varten kiintyi huomio siihen, että valkeiden siementen kuori on suhteellisen hauras ja ohut. On hyvin mahdollista, että valkeiden siementen suurempi itämisnopeus aiheutuu tästä ominaisuudesta. Kuoren ohuuden takia ne saavat imeytyä nopeammin kuin mustat itämiseen tarpeellisen kosteuden. Kysymyksen valaisemiseksi tehtiin upotuskoe, joka osoitti, että valkeat siemenet vettyvät ja painuvat veden alle nopeammin kuin mustat ja keltaiset.

Vastaisilla tutkimuksilla olisi tarkoin selvitettävä, miten säännöllisesti puheena olleet ja mahdolliset muut fysiologiset y. m. ominaisuudet määrätyn värisillä siemenillä esiintyvät. Näillä suhteilla voi ilmeisesti olla merkitystä esim. puurotutkimuksissa, sillä ilmeisesti ovat täysin kehittyneen siemenen väri ja siihen liittyvät korrelatiiviset ominaisuudet perinnöllisiä ominaisuuksia. Eri mäntymuunnosten eroittamista siemenvärin perusteella vaikeuttaa kuitenkin se seikka, että kaikki mustat ja keltaiset siemenet eivät ole täysin identtejä väritään. Myös valkeiden luokassa on vaihtelua. Kysymys täysin identtien väri-tyyppien eroittamisen mahdollisuudesta jää puoleltamme avoimeksi.

Kun tutkitaan Pohjois-Suomen ja Lapin siementen värejä, havaitaan värien poikkeavan sitä enemmän edellä selostetuista, mitä epädullisemmissa

kesälämpösuhteissa kehittyneitä siemenet ovat. Myös ilmeisesti heikosti kehittyneissä siemenissä voidaan kuitenkin eroittaa muutamia päävärityyppejä, jotka eri näytteissä usein palautuvat. Useat niistä näyttävät liittyvän ylimenoasteilla määrättyihin hyvinkehittyneiden siementen värityyppeihin, joskin tässä suhteessa tutkimuksemme kaipaa erikoismateriaaliin perustuvaa täydennystä. (Huomio on kiinnitettävä saman puuyksilön siementen koko väri vaihteluasteikkoon eri vuosina, jota tietä eri värityyppien yhteenkuuluvaisuus helpoimmin ja varminmin on selvitettävissä.) Taulun I kuva 2 esittää heikosti kehittyneiden siementen värikirjailuja.

Harvinaisen kylmän kesän 1923 ja sitä seuranneen erittäin lämpimän kesän 1924 siemenet tarjoavat sopivaa vertailuainehistoa sen kysymyksen selvittämiseksi, miten siemenet samalla seudulla kylminä ja lämpiminä kesinä, heikosti ja hyvin kehittyneinä, väriltään muuntelevat.

Toimitettu vertailu osoittaa, että männynsiementien väri vaihtelee hyvin paljon myös siemenien kehittyneisyyden mukaan. Kehittymättömissä siemenissä voidaan eroittaa suuri joukko vaaleampia värisävyjä, jotka Pohjois-Suomessakin riittävän suotuisina vuosina vaihtuvat kypsän siemenen värisävyiksi. Tämän vuoksi kaipaa kirjallisuudessa usein toistettu väite, että pohjoinen ja alppiininen männynsiemen eroaa eteläisestä tai alempien seutujen siemenestä vaaleamman värinsä kautta, ehdottomasti sen lisähuomautuksen, että tuo vaaleampi väri aiheutuu siemenien heikosta kehittyneisyydestä. Milloin siemen eteläisemmillä alueilla kehittyi heikosti, muodostuu väri sielläkin vaaleaksi ja päinvastoin.

Koska täysinkehittyntä siementä Pohjois-Suomessa samoin kuin alppiinilla puurajoilla aniharvoin, paikoin tuskin milloinkaan muodostuu, ei noiden seutujen lopullinen siementen väri esiinny luonnollisilla kasvuaalueilla juuri milloinkaan. Systemaattiseksi tuntomerkiksi se ei siksi ilman muuta kelpaa.

Siementen väristä saatetaan siis kuitenkin suurella todennäköisyydellä päätellä onko siemen hyvin, vaiko heikosti kehittyntä ja niinollen jossain määrin tehdä johtopäätöksiä myös sen kotipaikasta.

Vuoden 1923 ainehistossa vaihtelee siemensiiven väri kellanvalkeasta Pohjois-Suomessa mustanruskeaan Etelä-Suomessa. Viimeksimainittu väri esiintyy 12—12.5° kesälämpökäyrän eteläpuolella. Väliasteina esiintyvät punertavanruskeat ja ruskeat värisävyt. Usein on siiven reuna paljo tummempi kuin keskiosa. Samassa näytteessä tavataan usein kellanruskeita ja ruskeita siipiä. Samalla puulla väri sitävastoin on ilmeisesti identti.

Vuonna 1924, jolloin Oulun läänin eteläosissa oli yhtä korkea kesälämpö kuin v. 1923 Etelä-Suomessa, vaihtelee siiven väri ruskeasta, joka tavataan jo Utsjoella, mustanruskeaan, joka on jo Sodankylän siemenillä jotakuinkin selvä. Eteläisemmät ovat melkein järjestään mustanruskeita.

Vertailu osoittaa siis selvään, että hyvin kehittyneiden siementen siiven pääväri on mustanruskea sekä Etelä- että Pohjois-Suomessa, ja että heikosti kehittyneiden siemenien siipien väri on aina vaaleampi, joko ruskea tai kellanvalkoinen. Kesälämpö määrää mustanruskean siemensiiven värin pohjoisrajan. Eri puuyksilöiden välillä on kuitenkin havaittavissa vaihtelua. Siemenen väri ja siiven väri ovat suoranaisesti toisistaan riippumattomat. Sitävastoin näyttää joskus käyvän väri määräävän siiven väriä.

Kuusen siementen väri vaihtelee samaan tapaan, joskin vähemmän kuin männyn.

Siementen anatominen rakenne.

M ä n t y.

Siementen rakennevaihtelu. Niinkuin SCHOTTE, HAGEM, WIBECK ja HEIKINHEIMO tutkimuksissaan ovat esittäneet, vaihtelee männyn siementien anatominen rakenne siten, että yhä ylempänä tuntureilla ja yhä etempänä pohjoisessa kasvaneiden siementien alkio on yhä heikommin kehittynyt tai puuttuu kokonaan, mistä aiheutuu näiden siementien heikko itävyys tai täydellisen itämättömyys. HEIKINHEIMON julkaisussa on myöskin jo lähemmin tehty selkoa anatominen rakenteen yksityiskohdista. Paitsi sitä, että näissä huonosti kehittyneissä siemenissä alkiot ja usein valkuainenkin ovat heikosti kehittyneitä, on niillä huomattavana ominaisuutena monialkioisuus (polyembryonia), joka esiintyy aivan säännöllisesti heikosti kehittyneissä männynsiemenissä. Monialkioisuuden esiintyminen havupuilla onkin helposti ymmärrettävissä, kun otetaan huomioon näille kasveille ominainen alkion kehitys, joka tunnetusti tapahtuu siten, että hedelmöitetystä munasolusta syntyvä solukko jakautuu tavallisesti neljäksi alkioaiheeksi, joista normaalioloissa kuitenkin vain yksi kehittyy lopullisesti. Suotuisissa oloissa havaitaankin monialkioisuutta yleensä vain varhaisemmillä kehitystasteilla.

Epäsuotuisissa oloissa kypsyvissä siemenissä sitävästoin jatkavat havaintojemme mukaan säännöllisesti useammat alkioaiheet kehitystään joltisenkin suuriksi lopullisiksi alkioiksi. Tavallisesti jäävät ne kuitenkin niin pieniksi, että eivät yhdessäkään täytä valkuaisen sisusonteloa. Mitä heikommin kehittynyt siemen on, sitä tasaväkisempiä kooltaan siinä olevat alkiot ovat, kuten havaitaan vertailemalla esim. kuvia 1, 3 ja 4 keskenään. Heikonlaisesti kehittyneissä siemenissä voidaan hyvin usein havaita kaksi isompaa alkiota syvemmällä siemenen sisällä ja kaksi huomattavan paljon pienempää siite-reiän (mikropylen) puoleisessa päässä (kts. kuva 3).

Joka tapauksessa siis jatkavat useammat alkiot metsärajaseutujen siemenissä kehitystään, päin vastoin kuin eteläisemmissä. Tästä havaitaan, että metsärajaseutujen siemeniä ei ole rinnastettava keskeneräisesti kehittyneiden (esim. liian aikaseen kerättyjen) eteläisten siementen kanssa, vaan on niillä omat erikoisominaisuutensa.

Siementen luokittelu. Tutkittaessa anatominen suuria määriä siemeniä, on tultu siihen tulokseen, että siemenet voidaan sopivasti jakaa eri kehitysluokkiin sen mukaisesti, miten kehittyneitä alkiot ja valkuainen niissä ovat.

Metsätieteellisen koelaitoksen siementutkimuksissa on vähitellen muodostettu, lähinnä HEIKINHEIMON (1921) tutkimuksessa jo esitettyihin havaintoihin perustuva siementien kehitysluokkajaotus, joka jo saadun melkoisen suuren käytännöllisen kokemuksen perusteella on vakiinnutettu seuraavantalaiseksi:

Luokka O käsittää tyhjät siemenet, jollaisia nähdään halkaistuina esim. taulun II kuvassa 1. Niistä puuttuu siemenvalkuainen, kuori on sitävästoin rakenteeltaan ja kooltaan jokseenkin samanlainen kuin valkuaisellisilla siemenillä.

Luokka IA käsittää ilmeisesti kuolleet siemenet, joissa kuitenkin on myös valkuainen. Tähän biologiselta laadultaan kollektiiviseen luokkaan kuuluvat siten kaikki ne siemenet, joiden valkuainen on kuivettunut kovaksi

muuttuen väriltään ruskeaksi (sellaisia nähdään — tosin kuusella — taulun IV kuvassa 2); samoin ne muutamissa näytteissä esiintyneet, kokemuksen mukaan itämättömät siemenet, joiden valkuainen ja alkio ovat muuttuneet lasimaisiksi ja alkio samalla ikäänkuin sulanut yhteen valkuaisen kanssa niin, että alkion ja valkuaisen raja on epäselvä. Myös muita harvemmin ja niukasti tavattuja, ilmeisesti kuolleita siemeniä on tähän ryhmään luettu. Huomautettava on, että rajan vetäminen tämän ja edellisen ryhmän välille ei usein ole helppo, kun kysymyksessä ovat heikoimmin kehittyneet pohjoiset siemenet. Niiden sisällä tavataan nimittäin useinkin hyvin pieni kuivettunut valkuainen tai sen aihe. Ylimeno on tässä ilmeisesti vain asteellinen. Kaikki siemenet, joissa on heikostikin kehittynyt valkuainen, on luettu tähän, joten luokkaan O ovat kuuluneet vain täysin valkuaisettomat siemenet, jollaisia myöskin löytyy melkoinen määrä. Hyvin kehittyneissä siemenissä on luokan I A rajojen vetäminen yleensä helppo, joskin huonosti säilytetyssä materiaalissa rajan vetäminen kuolleiden ja elävien välille voi epäilemättä olla vaikea ja johtaa harhauttavaan tulokseen. Siksi tulevat idätyskokeet aina olemaan välttämättömiä, jos ehdottomaan varmuuteen kuolleiden runsaudesta pyritään.

Luokka IB käsittää heikoimmin kehittyneet elävät siemenet. Valkuainen on säännöllisesti pieni, se ei täytä kuoren sisustaa läheskään täydelleen, sen väri on milloin valkea, milloin jonkun verran harmaahko, ikäänkuin vetistynyt. Päättunuksena ovat kuitenkin alkio, joita on useita, tavallisesti neljä, usein myös 5, 6 jopa 8. Ne ovat hyvin vähän kehittyneitä ja kooltaan pieniä, pituus (ilman alkioripustinta) korkeintaan $1/6$ — $1/4$ sisusontelon pituudesta. Asennoltaan ne ovat yleensä normaalin alkion suuntaisia, joskin ne verrattain helposti saavat myös poikittaisen tai vastasuuntaisen asennon. Keskenään ovat ne usein jokseenkin yhtäsuuria, väliin on niistä kuitenkin 1—2 kpl muita suurempia. Parhaiten selviää tämän kehitysluokan siemenien rakenne s. 26 olevista kuvista 1 ja 2, jotka esittävät tähän luokkaan kuuluvia männynsiemeniä Kuolajärveltä ja Utsjoen Puolmakista. Tämän luokan siemeniä Inarin kirkkonkylästä nähdään valokuvattuna taulun IV kuvassa 1.

Luokka II käsittää edellisiä jonkun verran enemmän kehittyneet siemenet. Valkuainen jättää näissäkin melkoisen suuren aukon itsensä ja siemenkuoren välille. Väri- ja laatusuhteiltaan on valkuainen samanlainen kuin edellisessä luokassa, ollen siis milloin valkea, milloin vetisen harmaa. Alkioista on tavallisesti pari muita kehittyneempiä ollen pituudeltaan noin $1/4$ — $1/3$ siemenen sisusontelon pituudesta. Muodoltaan ne ovat enemmän tai vähemmän kartiomaisia, ja niiden leveämmässä yläpäässä voidaan jo havaita pieniä kyhmyjä, jotka ovat sirkkalehtiaihteita. S. 27 oleva kuva 3 valaisee tämän kehitysluokan siemenien rakennetta. Taulun III kuvassa 2 nähdään useita tämän luokan halkaistuja (kuusen-)siemeniä valokuvattuna. Sanomattakin on selvää, että ero tämän ja edellisen, kuten yleensäkin viereisten kehitysluokkien äkillä, on vähittäinen, joten verrattain usein toistuvissa rajatapauksissa ratkaisu jää mielivaltaiseksi. Olemme koettaneet noudattaa sitä tapaa, että väli-
muodot on luettu puoleksi kumpaankin vierusluokkaan.

Luokka III käsittää siemenet, joiden valkuainen on useimmiten valkea ja jauhoinen, joskus kuitenkin myös vetisen harmaa. Se ei tässäkään kehitysluokassa täytä siemenkuoren sisustaa täydelleen. Alkioista, joita säännöllisesti on useampia, on kuitenkin useimmiten yksi muita huomattavasti kehit-

tyneempi, pituudeltaan $1/3-2/3$ valkuaisen sisusontelon pituudesta; sen latvalla on selvään havaittavat sirkkalehtien alut. Pääalkio sijaitsee siemenen sisusontelon yläosassa heikompien sivualkioiden sijaitessa sen mikropylen puoleisessa päässä. Muutamissa tapauksissa havaitaan tämänkin kehitysluokan siemenissä kaksi voimakkaammin kehittyntä alkioita, jotka silloin tavallisesti sijaitsevat rinnan sisusontelon ylä-osassa. (Kts. taulu III kuva 1, keskimmäisen rivin vasen halkaistu siemen.) Harvinaista ei ole, että joku tai jotkut alkiosta ovat työntyneet ylösalaiseen asentoon sijaiten sirkkalehdet mikropyleen päin. Tämä anomalia on kuitenkin yleisempi edellisissä kehitysluokissa. — S. 28 olevat kuvat (kuva 4) valaisevat tämän kehitysluokan siemenien rakennetta. Valokuvattuna on niitä nähtävissä etenkin taulun III kuvassa 1.

Luokka IV käsittää jo lähes täysin kehittyneet siemenet. Valkuainen on melkein aina jauhoinen täyttäen siemenen sisuksen yhä paremmin. Alkioista on tavallisesti vain yksi selvään havaittavissa, toiset esiintyvät sangen pieninä ja kehittymättöminä mikropylen puoleisessa päässä. Alkion pituus on $2/3-3/4$ siemenen sisusontelon pituudesta.

Luokka V käsittää täysin kehittyneet siemenet. Jauhoinen valkuainen täyttää niissä kuoren ja alkio siemenen sisusontelon ollen pituudeltaan yli $3/4$ sisusontelon pituudesta. Kuva 1 taulussa II valaisee siementen rakennetta kehitysluokassa V. Tämän kehitysluokan rajoissa vaihtelee siemenien kehittyneisyys kuitenkin mahdollisesti enemmän kuin edellisissä luokissa, m. m. siinä suhteessa, että usein enin kehittyneiden siemenien erittäin voimakkaiden alkioiden sirkkalehdet saavat jo siemenen sisällä ollessaan vihertävän värin, samalla kun koko alkion väri tavallisesti muuttuu kellertäväksi. (Huomattava kuitenkin on, että kellertävä alkionväri esiintyy silloin tällöin jo kahdessa edellisessä luokassa.) Onkin vallinnut jonkun verran epätietoisuutta siitä, olisiko ollut erotettava vielä kehitysluokka VI tällaisia hyvinä vuosina siellä täällä Suomen eteläosissa tavattavia siemeniä varten. Ainakin toistaiseksi on kuitenkin katsottu riittäväksi viedä nämä siemenet kehitysluokkaan V. Mahdollista on kuitenkin, että esim. Keski-Euroopassa, missä pitempi kasvukausi ja korkeampi kesälämpö vallitsee, siemenet siksi suuressa määrässä saavuttavat tämän luokittelun kannalta »ylikyseisyyden» asteen, että uusi kehitysluokka (VI) on erotettava, jos halutaan eksaktisti vertailla siemenien kypsyysasteita eri leveysasteilla ja korkeusvyöhykkeillä eri maissa.

K u u s i.

Kuusensiementen rakenne verrattuna männynsiementen rakenteeseen. Kuusensiementien erilaisesta kehittyneisyydestä johtuvat anatomiciset rakennevaihtelut ovat täysin analogiset männyllä havaittavien kanssa. Eroavaisuuksista huomattavimpiin kuuluu havaintojemme mukaan se, että monialkioisuus ei kuusella varsinkaan myöhäisemmissä kehitysasteissa ole niin merkityksellistä kuin männyllä. Heikosti kehittyneillä kuusensiemenilläkin moniembryoisuus on kuitenkin tavallista. Erilaistuminen pää- ja sivualkioiksi tapahtuu kuusella vain paljon aikaisemmin ja täydellisemmin kuin männyllä, josta johtuen kohdallaisenaan hyvin kehittyneissä kuusensiemenissä ei tavallisesti ole useampia alkiota helposti havaittavissa.

Luokittelu. Kuusen siemenet voidaan ryhmitellä kehitysluokkiin vastaavasti männynsiementen kanssa. Siten saadaan *luokka O*: tyhjät siemenet; *luokka I A*: kuolleet, ei tyhjät siemenet (kts. m. m. taulu IV kuva 2); *luokka B*: elävät, heikoimmin kehittyneet siemenet, joissa valkuainen on usein kyllä valkea, jauhomainen, mutta ei täytä kuoren sisustaa, ja jossa havaitaan useita alkioita, joista suurimmat ovat pituudeltaan korkeintaan $\frac{1}{4}$ valkuaisen sisusontelon pituudesta (kuva 5 valaisee lähemmin siemenien rakennetta tässä kehitysluokassa; kts. myös kuvaa 10 Kestilästä); *luokka II*: valkuainen jokseenkin samanlainen kuin edellisessä luokassa, alkioita tavallisesti yksi, väliin kaksi jokseenkin yhtä kehittyntä, pituudeltaan korkeintaan $\frac{1}{3}$ valkuaisen sisusontelon pituudesta; (kuvat 6, 7 ja 10 valaisevat siemenien rakennetta tässä kehitysluokassa, samoin taulu III, kuva 2); *luokka III*: valkuainen vähän kehittyneempi, alkio jokseenkin aina yksinäinen, pituudeltaan $\frac{1}{3}$ — $\frac{2}{3}$ valkuaisen sisusontelon pituudesta (kuvat 7 ja 8 valaisevat siemenien rakennetta kehitysluokassa III); *luokka IV*: siemen jotenkin täytelä, alkion pituus $\frac{2}{3}$ — $\frac{3}{4}$ valkuaisen sisusontelon pituudesta (kuvat 9 ja 10 valaisevat tätä luokkaa); *luokka V*: siemen täytelä, alkio täyttää valkuaisen sisusontelon kokonaan, ollen usein väriltään kellertävä (kuten väliin myös jo luokissa III ja IV); sirkka-lehdet voivat etenkin parhaiten kehittyneissä siemenissä olla vihertäviä jo ennen itämistä. Taulu II kuva 2 antaa käsityksen tämän luokan siemenien rakenteesta, samaten kuvan 9 vasemmanpuolinen siemen.

Anatoomiset siemenlaatuluokat.

Edellisissä tutkimuksissa on tullut todetuksi että kesälämmöllä on ratkaiseva merkitys pohjoisten ja tunturiseutujen siemenien kypsymisessä tai oikeammin huonossa kypsymisessä. Kypsymisen mittana on tällöin pidetty siementen itukykyisyyttä. HAGEM'in mukaan määrää kesä—syyskuun 10.5° isotermin rajan, mihin asti männynsiemen on niin kehittyntä, että se kohtalaisen hyvin itää. WIBECK'in mukaan määrää kesä—elokuun 13.5° isotermin suunnilleen rajan, mihin asti vähintäänkin 50 % siemenistä itää. On ilmeistä, että mikäli myös edellisessä luvussa esitetyt ja määritellyt anatoomiset kehitysluokat edustavat eriasteista siemenien kehittyneisyyttä, täytyy otaksua niiden myös levenemisessään noudattavan samanlaista säännönmukaisuutta ja riippuvaisuutta lämpökäyrien kulusta kuin eri tutkijat ovat todenneet itävyisyysasteiden noudattavan.

Näiden kysymysten selvittämiseksi on kaikki tätä tutkimusta varten kerätyt siennäytteenä tutkittu anatoomisesti ja laskettu, montako % kunkin näytteen siemenistä mihinkin luokkaan kuuluu. Tulokset nähdään taulukoista 1—7.

Taulukon 1 nojalla on tehty diagrammi (kuva 11 s. 34). Kutakin (»abskissalla» numeroilla osotettua) havaintopaikkaa edustaa siinä pylvä, joka esittää kuinka suuri prosentti kysymyksessä olevan paikan siemenistä kuuluu mihinkin kehitysluokkaan. Pylväät on järjestetty siten, että parhaat näytteet ovat vasemmalla, heikoimmat oikealla diagrammissa (joitakuista havaintopaikkoja on syystä tai toisesta jätetty pois).

Niinkuin diagrammia tarkastettaessa havaitaan, ei eri kehitysluokkien esiintyminen näytteissä ole mielivaltaista, vaan esim. V luokan siementen määrä vähenee säännöllisesti vasemmalta oikealle; IV luokan siementen määrä ensin kasvaa, sitte vähenee, samoin III, II ja I B luokassa. Viereiset kehitystyytit

liittyvät toisaalta väliasteittain, ilman hyppäyksiä toisiinsa. Jos abskissalla esitettäisi kesälämmön korkeus määrättyssä skalassa (esim. 0.1 asteittain), voitaisi ilmeisesti kunkin kehitysluokan yläraja esittää säännöllisellä, alussa hitaasti, sitten jyrkemmin ja lopulta taas hitaammin alenevalla käyrällä, tai kukin kehitysluokka erikseen tyypillisellä vaihtelu- (Galtonin) käyrällä.

Tarpeellinen siemennäytteiden luokittelu voitaisi toimittaa esim. sen perusteella, mihin kehitysluokkaan suurin osa siemenistä kuuluu, tai sen perusteella, mihin luokkaan heikoimmat tai parhaat siemenet kuuluvat. Joskin ehkä ensiksimainittu luokittelutapa olisi johdonmukaisin, on kuitenkin huomioon otettava, että enin kypsyneillä siemenillä on, varsinkin kriittisissä oloissa, useinkin tärkein sekä biologinen että käytännöllinen merkitys, koska etupäässä ne voivat aiheuttaa metsän uudistumista. Tämän vuoksi näyttää sopivimmalta luokitella siemennäytteet pitäen silmällä enin kehittyneitä siemeniä niissä. Mukavimmin voidaan erottaa 5 luokkaa. Siemennäyte luetaan V luokkaan, jos vähintäänkin 10 % sen siemenistä kuuluu V kehitysluokkaan; IV luokkaan luetaan ne edelliseen luokkaan kuulumattomat näytteet, joiden siemenistä vähintäänkin 10 % kuuluu kehitysluokkiin IV—V; III luokkaan luetaan ne edellisiin luokkiin kuulumattomat näytteet, joissa on ollut vähintäänkin 10 % kehitysluokkien III—V siemeniä j. n. e. Poikkeuksellisesti luetaan II laatu-luokkaan jo nekin näytteet, joiden siemenistä vain 5 % tai enemmän on kuulunut kehitysluokkaan II. Yksinkertaisuuden vuoksi on edelleenkin kaikki pääasiassa I A ja O kehitysluokkien siemeniä käsittävät siemennäytteet luettu luokkaan O. Kaikkiaan on näin siis saatu 6 siemenlaatulokkaa. Sekä männyn että kuusen siemenet voidaan luokitella samalla tavalla.

Kartoilla 2—6 on esitetty kartassa 2 selitetyin merkein mihin luokkaan minkin havaintopaikan siemennäyte kultakin tutkimusvuodelta kuuluu.

Siemenlaatulokkien leveneminen eri tutkimusvuosina.

M ä n t y.

Kesä 1923. Kartalla 2 ovat esitettynä kesä—elokuun lämpökäyrät vuonna 1923. Tämä kesä oli kylmä, noin 0.5—1° normaalia kylmempi. Samalle kartalle on merkitty talvella 1923—1924 kerättyjen käpynäytteiden keräyspaikat sekä kartassa esitetyin merkein kunkin näytteen laatulokka.

Niinkuin kartasta selvään ilmenee, huononee siemenien laatu pohjoiseen päin mentäessä todella jotakuinkin säännöllisesti rinnan kesälämmön alenemisen kanssa. On hyvin todennäköistä että yhdenmukaisuus lämpökäyrien kulun ja siemenien kehittyneisyyden välillä olisi ollut vieläkin ilmeisempi, jos lämpökäyrien kulku olisi voitu yksityiskohtaisemmin piirtää. Tämä koskee esim. seutuja Laatokan pohjoispuolella, missä soistuneet vedenjakajamaat Suojärvellä ja Suistamolla (hav. paikat 52 ja 53) otaksuttavasti ovat poikkeuksellisen kylmiä. Missä määrin selvään heikosti kehittyneen siemenen esiintyminen havaintopaikoilla 32 (Nurmes, Kuohatti), 44 (Teuva, Komi), 41 (Pyлкönmäen Kukossa) ja 30 (Kajaanin Kuluntalahdessa) aiheutuu paikallisesta lämmön alhaisuudesta, on epävarmempaa. Mitään muutakaan ilmeistä syytä niihin ei ole, koska kävyt niiltä paikoilta on kerätty samoihin aikoihin kuin muilta havaintopaikoilta ja keruun jälkeinen käsittely on ollut samanlainen. Havaintopaikalta 42 (Tuomarniemen metsänvartijakoulu) kerätty siemen on taas ollut odottamattoman hyvää lähiasemiin verrattuna. Pohjoisessa ovat

Muonion (12) ja Paatsjoensuun (6) siemenet olleet parempia kuin ympäröivien alueiden. Ainakin Paatsjoensuuhun nähden on tämä ymmärrettävissä, koska täällä seudulla metsät muutenkin ovat hyvin huomattavasti laadultaan parempia kuin ympäristöissä, mikä aiheutunee suorastaan edullisemmista ilmastosuhteista (esim. korkeus merenpinnasta on pieni!).

Kun verrataan lämpökäyrien kulkua ja eri laatuluokkien esiintymistä kartalla, havaitaan, että 11.5° käyrä suunnilleen määrää V luokan pohjoisrajan eli siis rajan, johon asti vähintäänkin 10 % siemenistä on luettava V kehitysluokkaan. IV luokan pohjoisraja sattuu 10.5°—11° välimaille, III luokan 10°—10.5° välimaille, II luokan mahdollisesti 9.5°—10° välille ja I luokan pohjoisraja näyttää mahdollisesti rajoittuvan 9° lämpökäyrään.

Täten näyttää siis vuonna 1923 kutakin ½ asteen lämmön alenemista alle 11.5 asteen vastaavan suunnilleen yhden luokan ero siemenissä.

Kesä 1924 oli Suomessa poikkeuksellisen lämmin, niinkuin voidaan havaita vertaamalla lämpökäyrien kulkua kartoissa 1 ja 4. Kesälämpö Lapissa oli noin 1 ½°—2° normaalia korkeampi. Kartalla 4 on esitetty samaan tapaan kuin kartalla 2 siemenien kehittyneisyys (laatuluokat) eri havaintopaikoilla. Niinkuin havaitaan, on luokka V vallalla koko maassa Kuusamoa, Sodankylän kirkonkylän seutua ja Kittilää myöten. Näillä tienoin kulkee juuri 11.5° lämpökäyrä. Tämän rajan pohjoispuolella kuuluvat havaintopaikat IV luokkaan. Inarin kirkonkylän seudussa (1c), mikä sijaitsee suhteellisen suotuisissa oloissa korkeuden merenpinnasta ollessa pieni, esiintyy V luokka, kun taas muualla Inarissa ja Utsjoella (1a ja 1b) esiintyy III luokka ja Petsamossa II.

Kun tutkitaan eri luokkien esiintymisen riippuvaisuutta lämpökäyrästä, havaitaan, että myös v. 1924 11.5° kesälämpökäyrä suunnilleen määrää V luokan levenemisrajan. Poikkeuksena on mahdollisesti vain Inarin kirkonkylän näyte. IV luokan pohjoisraja sattunee niinkään, samoinkuin edellisenä vuonna, 10.5—11.0° isotermin seutuun. Ikävä kyllä ei käytettävänä ole ollut lämpötietoja Petsamon alueelta, missä heikoimmat siemenet ovat esiintyneet.

Kesän 1924 havainnot vahvistavat siis kesän 1923 antamat tulokset männynsiemenien kehittyneisyyden ja määrätyn kesälämmön välillä vallitsevasta suhteesta.

Kesä 1925 on havaintojen teossa jäänyt syrjäytetyksi. Tältä lämpösuhteiltaan suotuisalta vuodelta sisältyy materiaaliin vain kuusensiemeniä.

Kesä 1926. Kartta 5 esittää kesälämpösuhteita v. 1926 ja siemenien laatuluokat kullakin tämän kesän havaintopaikalla. Lämpö on kesällä 1926 ollut Pohjois-Suomessa jotakuinkin normaali, Etelä-Suomessa jonkun verran normaalia korkeampi. Kun havaintopaikkoja tältä kesältä on etenkin Pohjois-Suomesta ja Lapista jokseenkin runsaasti, saadaan pohjoisen siemenen kehittyneisyydestä viimeksi kuluneena kesänä verrattain todenmukainen kuva. Ikävä kyllä, on lämpökäyrien kulku Pohjois-Suomessa ja Lapissa aniharvoin havaintopaikkoihin nojautuvana voitu piirtää vain likimääräisesti.

Kuten kartasta 5 nähdään, tavataan V luokan näytteet Puolangalta (19), verrattain edulliselta paikalta Kemijoen rannalta Kivalon kokeilualueelta (16) sekä Yli-Torniosta (16a). Näillä seuduilla on 11.5° kesälämpökäyrän paikka. IV kehitysluokan näytteitä on tavattu Suomussalmelta (17) ja Kolarista (15). Nämä paikat sattuvat suunnilleen odotettavalle 10°—11.5° isotermin välimaalalle. 10.5° kesälämpökäyrän yläpuolella havaitaan Kuusamossa (14), Kemi-järvellä (11), Kittilässä (9) ja Kuolajärvellä (12) III luokan näytteet, jotka

otaksuttavasti jäävät 9.5° — 10.5° kesälämpökäyrien välille, kolme ensinmainittua todennäköisesti 10° isotermin alapuolelle. Havaintopaikat 13 (Kuusamo, Rukatunturi), 9 (Kittilä, Levitunturi) ja 10 (Kittilä, Uuselmä) ovat olleet korkeilla vaaroilla, joilla kesälämpö on varmastikin ollut alhaisempi kuin läheisissä alankoseuduissa. Sen vuoksi niiden siennäytteet kuuluvatkin II luokkaan lukuunottamatta Kittilän Levitunturin näytettä joka on III luokkaa. Inarissa on lämpö ollut 9.1° . Vuoden 1923 antaman tuloksen mukaan vastaa tämä lämpö I kehitysluokkaa, ja niin havaitaan myös nyt käsiteltävänä olevana vuonna Inarissa, Utsjoen eteläosissa ja Petsamon Salmijärvellä siennäytteiden kuuluvan I luokkaan. Poikkeuksen tekee havaintopaikka 8 (Inari, Korppikuruvaara), jonka siemenet ovat jonkun verran kehittyneempiä kuin muut, kuuluen luokkaan II. Missä määrin tällä paikalla lämpösuhteet ovat mahdollisesti olleet edullisemmat kuin esim. läheisimmällä havaintopaikalla 7 (Inari, Harrivaara), ei ole tiedossa, on kuitenkin todennäköistä että niin on ollut asianlaita. Petsamon Puskajoella (hav.paikka 3) ovat siemenet olleet kokonaan tyhjiä tai sisällykseltään kehittymättöminä kuolleita. Omituisena poikkeuksena ovat Utsjoen kirkonkylän (1) siemenet, jotka ovat selvästi II luokkaa. Lämpöhavaintoja Utsjoelta ei ole ollut saatavissa, joten jää selvittämättä aiheutuuko tämä poikkeus lämpösuhteista, vaiko muista syistä. Mahdollonta ei ole sekään, että kerätty käpynäyte on sisältänyt edellisen vuoden (1925) käpyjä, joista siemenet eivät ole päässeet aikanaan karisemaan. Kesän 1925 siemenet ovat todennäköisesti olleet paremmin kehittyneitä kun kesän 1926. Tulokset kesältä 1926 vahvistavat siis edelleenkin jokseenkin selvästi edellisiltä vuosilta saatuja tuloksia kesälämmön vaikutuksesta siemien kehittymiseen ja laatuun.

Kun prof. HEIKINHEIMON v. 1920 keräämä siemenmateriaali, joka on ollut perustana hänen julkaisussaan (1921) esitetyille sementutkimuksille, on vielä osaksi tallella, otettiin se uudistetun tutkimuksen alaiseksi, jotta saataisi selville, mihin nyt eroitettuun luokkaan kukin näyte niistä kuuluu, ja miten eri luokkiin kuuluvat näytteet suhtautuvat esiintymisessään kesälämpöön.

Analyysitulokset nähdään taulukosta IV.

Kesä 1920 oli lämpösuhteiltaan harvinaisen edullinen etenkin juuri Pohjois-Suomessa, ollen poikkeus Inarissa $+2.6^{\circ}$, Sodankylässä $+2.3$. 11.5° kesälämpökäyrä on kulkenut, niinkuin kartassa 6 on esitetty, suunnilleen Sodankylän pohjoisosien kautta ja Inarissa on vallinnut vielä noin 11.4° kesälämpö. Tänä harvinaisen lämpimänä kesänä oli V luokan männynsiemeniä Kuusamossa metsärajoillakin melkoisen runsaasti (kts. havaintopaikat 5—7). Sitävastoin polaariseltsä metsärajalta saadut näytteet (1—4) kuuluvat vain II luokkaan. Lämpöhavaintoasemien niukkuuden takia ei tarkempaa vertailua eri siemenluokkien ja kesälämmön jakautumisen kesken Lapissa voida suorittaa. Todettava siis vain on, että tänä erikoisen suotuisana vuonna männynsiemenet ovat polaariseltsä metsärajalla saavuttaneet korkeintaan III luokan kehitystään näytteiden kuulussa luokkaan II.

K u u s i.

Kesä 1923. Kun kuusen siennäytteet luokitellaan siementen kehityksyyden perusteella samalla tavalla kuin männyn siennäytteet, ja kuitenkin havaintopaikan siennäytteen laatuluokka merkitään kesälämpökäyräkartalle, saadaan vuodelta 1923 näitä suhteita esittävä kartta 3.

Jos verrataan tätä karttaa karttaan 2, joka esittää männyn siementen laatua samana vuonna, saatetaan todeta jokseenkin suuri yhdenmukaisuus männyn- ja kuusensiementien kehittyneisyydessä eri osissa Suomea. Tämä on sitäkin tärkeämpää todeta, kun siemenet ovat yhtäaikaa ja enimmäkseen aivan läheisiltä tai samoilta paikoilta kerätyt, joten havaintoja on lämpösuhteita silmälläpidettäessä yleensä pidettävä melkoisen hyvin verrannollisina.

Kuusenkin siementen kehittyneisyydessä havaitaan kuitenkin poikkeamia kartan esittämien lämpökäyrien edellyttämistä asteista. Näihin poikkeuksiin on luettava etenkin havaintopaikka 44 (Teuva, Komsa), jonka siemennäyte kuuluu luokkaan II odotettavan IV—V asemasta. Niinkuin kartasta 2 nähdään, on myös männynsiemen tältä paikalta ollut poikkeuksellisen huonosti kehittyntä, jotenka on hyvin todennäköistä, että paikalliset sääsuhteet ovat tällä keräyspaikalla kesällä 1923 olleet erittäin epäedulliset, vaikka se ei lämpöhavaintoasemien niukkuuden takia käy selville lämpökäyrien kuluista. Lähimmällä havaintoasemalla Ilmajoella on kesälämpö ollut kuitenkin sangen korkea, 11.2°, ja todennäköisesti ovat lämpösuhteet myös läheisellä Kauhajoella, havaintopaikka 45, olleet edulliset, ja kartan esittämää lämpökäyrien kulkua vastaavat, koska siemennäyte sieltä kuuluu luokkaan V. (Epäedulliset sääsuhteet Teuvalla v. 1923 eivät siis olisi ulottuneet laajemmalle ainakaan sisämaahan päin.) Toinen samoin epäedulliseen suuntaan poikkeava havaintopaikka on Pylikönmäki (N:o 41), jonka sekä männyn- että kuusensiemennäytteet vuodelta 1923 kuuluvat III luokkaan, kuusensiementen ollessa jonkun verran parempia kuin männyn. Omituista kyllä ei kuusensiementien kehittyneisyydessä Laatokan pohjoispuolisessa vedenjakajaseudussa Loimolassa (N:o 53) ja Suojärven Kotajärvellä (N:o 52) ole havaittavissa samanlaista poikkeusta kuin männyllä.

Saatettaisiin otaksua, että tämä johtuu siitä, että kuusi on luonteeltaan kontinentaalisempi puulaji kuin mänty. Varmaa käsitystä ei siitä kuitenkaan ole muodostettavissa, ennenkuin on tehty runsaammin havaintoja — mieluiten keräämällä sekä rannikolta että sisämaasta siemeniä yhtäaikaa likekkäisistä puista ja vertailemalla niiden kehittyneisyyttä. Joka tapauksessa puhuvat taulukoissa I ja V esitetyt tulokset sen puolesta, että varsin suurta eroa kuusella ja männyllä ei ole siemenen kehittyneisyydessä, joskin useilla alueilla on jonkun verran eroa havaittavissa, kuusella ehkä yleensäkin parempia siemeniä kuin männyllä (esim. hav. paikat 13, 17, 26, 41, 45, 46, 47, 50).

Jos tutkitaan kartan 3 johdolla kuusensiementien kehittyneisyyden riippuvaisuutta kesälämmöstä, havaitaan että V luokan siemen rajoittuu tälläkin puulajilla suunnilleen 11.5° lämpökäyrään (ylittää sen todennäköisesti useammin kuin mänty). IV-luokan siemen ei missään tapauksessa ulottune 10.5° kesälämpökäyrään asti, vaan jää, samoin kuin männyllä, tämän ja 11° käyrän välille. III luokan siemen rajoittuu 10.5° lämpökäyrän seutuille, II luokan 10° seutuun. I luokan kuusensiemen näyttää rajoittuvan 9° käyrän eteläpuolelle. Mitään selviä merkkejä siitä, että kuusensiemenet kehittyisivät vähäisemmässä lämmössä kuin männynsiemenet, mitä esim. HAGEM pitää mahdollisena, ei ole havaittu. Kuusensiemenet ovat kehittyneisyydeltään männynsiemeniä heikompia havaintopaikoilla 11, (19), 20, 29 (huomatavan paljon), 44, 56, 63 y. m. Erot ovat kuitenkin melkein kauttaaltaan niin pieniä, että ne voivat johtua tilapäisyydestä. Näytteeseen 19 sisältyy todennäköisesti pieni osa edellisen vuoden käpyjen siemeniä, jotka ovat paremmin kehittyneitä, kuuluen pääasiassa III luokkaan. Tämän vuoksi olisikin toden-

näköisesti ollut oikeampaa lukea hav. paikan 19 näyte kartalla 2 I luokkaan. Muonion Ylikylän kuusensiemeniä on ollut niin niukasti, että tyydyttävää selvitystä niiden kehittyneisyydestä ei ole saatu. Itäväisyystulos osoittaa, että ne ovat, samoin kuin tämän paikkakunnan männynsiemenet olleet suhteellisen hyviä. Todennäköisesti on pieni osa siemenistä ollut II kehitysluokkaa, mikä ei ilmene taulukosta.

Kesä 1924. Kuusensiementen kehittyneisyyttä v. 1924 on esitetty vain taulukolla. Havaintopaikat ovat esitetyt samoilla numeroilla kuin tämän vuoden männynsiemenen keräyspaikat kartalla 4. Pohjoisempaa kuin Turtolasta, Rovaniemeltä ja Suomussalmelta ei tämän vuotisia kuusensiemen näytteitä ole saatu.

Niinkuin taulukosta VI nähdään, kuuluvat kaikki näytteet V luokkaan, kuten odotettavissa onkin kaikkien näytteiden keräyspaikkojen ollessa 12° kesälämpökäyrän alapuolella. Huomiota taulukossa herättää erikoisesti tyhjien siemenien korkea prosenttimäärä useimmilla havaintopaikoilla. Osaksi ovat siihen syynä olleet äkämäsääsket, osaksi ilmeisesti myös huono hedelmäitys.

Kesä 1925. Tältä lämpösuhteiltaan erittäin edulliselta vuodelta sisältyy materiaaliin kuusensiemennäytteet 5 paikkakunnalta Pohjois-Suomesta. Pohjoisimmat niistä ovat Muonio ja Sodankylä. Niinkuin taulukosta VII nähdään ovat ne kaikki luettavat V luokkaan, suurimman osan Muonion siemenistä kuuluessa kuitenkin IV kehitysluokkaan ja jonkun osan myös III kehitysluokkaan. Mielenkiintoista on todeta, että kesälämpö oli tänä kesänä Sodankylässä noin 11.8°, Inarissa 10.8°; Muoniossa se lienee ollut noin 11.5°. Varsinkin heinäkuun lämpö oli korkea, nim. 4—5° normaalia korkeampi. Näyttää siis siltä, että myös v. 1925 V luokan siemen on rajoittunut 11.5° kesälämpökäyrän seutuun ja sen alapuolelle.

Kesältä 1926 ei kuusensiemeniä ole, yksityisiä vähänsanovia eteläsuomalaisia näytteitä lukuunottamatta, tutkittavaksi saatu. Sitävastoin on mainittava jo edellä puheena ollut *kesä 1920*, jolloin varsinkin kevätkesä oli (maaliskuusta lähtien) erikoisen lämmin, koko kesälämmön poiketessa noin 2.5° normaalista. Taulukossa IV on esitettyä 4 havaintopaikkaa kuusesta tältä vuodelta. Kun kolme kappaletta siemennäytteistä on puhdistettuja siemeniä, on vaikeata arvata, mihin luokkaan kukin näistä näytteistä olisi alkuaan tutkimusmenetelmämme mukaan ollut luettava. Karttaan 6 on merkitty niistäkin empiiriset arvot. Todennäköisempää kuitenkin on, että myös näytteet 9 ja 10 alkuaan ovat olleet neljättä luokkaa. Joka tapauksessa on myös tämän vuoden V luokan kuusensiemen ilmeisesti rajoittunut pohjoisessa 11.5° kesälämpökäyrän seutuihin, kuten kartasta 6 havaitaan.

Muista siementen kehitykseen vaikuttavista seikoista.

Ekspositiesuhteet. Männyn käpy on puuhun niin kiinnittyneenä, että sen toinen kylki on oksaa vastaan painautunut, toisen ollessa ulos valoon päin. Ulkopuolisten käpysuomujen selkäkilvet ovat vahvemmin kehittyneet kuin varjonpuoleisten.

Muutamat havaintomme ovat osoittaneet, että ulkopuolisten käpysuomujen alla olevat siemenet ovat jonkun verran kehittyneempiä kuin sisä-

puolisten alla olevat. Otaksuttavasti aiheutuu tämä siitä, että kävyn valopuoli on saanut enemmän lämpöä kuin oksaa vastaan painautunut puoli.

Puurodut. Tutkimuksen yhteydessä ei ollut mahdollisuutta laajemmin ottaa tutkittavaksi missä määrässä siementen kehittyneisyys eri puuroduilla samoilla seuduin vaihtelee. Tämän seikan tutkimiseen ei käytettävänä ollut materiaali olisi hyvin kelvannutkaan. Sijansa saakoon kuitenkin seuraava havainto kuusesta: Vuoden 1923 Kestilästä kerättyjen käpyjen joukossa oli, paitsi *fennica*-käpyjä myös joitakuita tyyppillisiä *europaea*-käpyjä, jotka kuitenkin olivat tuntuvasti pienempiä kuin *fennica*-kävyt. Siementen rakenesuhteita näissä valaisee kuva 10. Kuten siitä nähdään ovat *fennica*-käpyjen siemenet paljon kehittyneempiä kuin *europaea*-käpyjen, ollen edelliset pääasiassa III—IV luokkaa, jälkimmäiset II luokkaa. Huomattava on, että HEIKINHEIMON tutkimusten mukaan Pohjois-Suomessa *europaea*-kävyt yleensä ovat heikommin kehittyneet kuin *fennica*-kävyt. On mahdollista, että niiden siemenetkin siellä ovat yleensä heikommin kehittyneitä, kuten edelläesitetystä tapauksesta Kestilässä. Kuitenkin ovat vaihtelut eri puuyksilöidenkin välillä usein niin suuria, että laajempaa todistusvoimaa ei yhdelle esimerkille voida antaa. Kysymys on joka tapauksessa tutkimuksilla helposti selvitettävissä.

Havaintoja ulkomaalaisista siemenistä.

Koelaitokselle saapuneet ulkomaalaiset siemenet on viime vuosina usein tutkittu myös anatoomisesti. Nämä tutkimukset ovat osoittaneet, että eteläisemmissäkin maissa säätetään vuoristoissa yleiseen havaita vastaavanlaisista vaihtelua siementen rakennesuhteissa kuin edellä on Suomesta esitetty.

Esimerkin vuoksi tarkastettakoon taulussa V:1 esitettyä valokuvaa *Pinus Peuce* siemenistä Bosniassa. Niinkuin kuvastakin havaitaan, esiintyvät näissä siemenissä kehitysluokat II—V. Suurin osa siemenistä on III kehitysluokkaa. Siementen kotipaikaksi on ilmoitettu Bosnia 600—900 m m. y.

Toisena esimerkkinä saakoon sijansa kuvan 12 esittämä tapaus Sveitsistä. Ne esittävät *Pinus montana*n siemeniä. Tyyppi A esittää puumaisen vuorimännyn siemeniä 1880—1920 m m. y., jälkimmäinen pensasmaisen vuorimännyn siemeniä 1640—1660 m m. y. Näytteet ovat vuodelta 1923. Edelliset ovat pääasiassa III—IV, jälkimmäiset V kehitysluokkaan kuuluvia.

Voidaan siis suoranaisesti todeta että tutkimuksemme esineenä olevilla suhteilla on merkityksensä myös Pohjoismaiden ulkopuolella, kuten odotettavissa onkin.

Idätyskokeet.

Itäminen. Itämisen ensi vaiheessa turpoaa sekä valkuainen että alkio ottamalla vettä huomattavasti. Samalla kun alkio alkaa kasvaa, muuttuu sen väri siten, että alkioaihe saa kellertävän ja sirkkalehden aiheet viheriän värin, jotka värimuutokset havaitaan, kuten edellä on jo mainittu, erittäin hyvin kypsyneissä sekä männyn- että kuusensiemenissä väliin jo ennen itämistä.

Mielenkiintoista on seurata myös monialkioisten siemenien itämistä. Kuva 13 esittää halkileikkauksia itämässä olevista monialkioisista siemenistä. Niinkuin kuvasta nähdään, ovat kaikki alkiot alkaneet kehittyä yhtärintaa. Useimmassa tapauksessa käy kuitenkin niin, että ylimpänä oleva alkio kasvaessaan pituutta työntää alempanaolevat sisaruksensa edellään mikropyylen kautta siemenen sisältä kokonaan ulos, kuten kuva 14 C osoittaa. Tuollaisilta

ulostyönnettyiltä alkioilta, jotka luonnollisesti eivät enää voi saada ravintoa valkuaiselta, puuttuvat edelleenkehityksen mahdollisuudet kokonaan. Myös taulun V:2 kuvat 7 ja 8 esittävät itävistä siemenistä valokuvia, joissa nähdään ulostyönnetty alkio (E_2); kuvassa 8 on se hyvin pieni, kuvassa 7 koko joukon isompi. Toisissa, paljon harvinaisemmissa tapauksissa ovat alkiot siemenen sisällä rinnatusten, minkä vuoksi ne eivät pääse työntämään toisiaan ulos, vaan jatkavat kehitystään rinnan, jolloin siis mikropylestä työntyy ulos useamman kuin yhden taimen juuri. Tällaisia tapauksia esittävät kuvat 14 A, B ja D. Näyttää mahdolliselta, että suotuisissa tapauksissa samasta siemenestä saattaisi taten kehittyä kaksi tainta. Sellaista tapausta esittää kuva 16 ja taulun V:2 kuva 6. Tämänlaisia kaksosia on idätyskokeissamme todettu useampia kertoja. Teoreettisesti on mahdollista, että samasta siemenestä kehittyisi useampiakin kuin 2 tainta (vrt. kuva 14 D). Kun valkuaisen sisältämä ravinto jakautuu useamman taimen kesken, täytyy taimien kuitenkin luonnollisesti jäädä sängen heikoksi ja sellaisina hyvin kilpailukyvyttömiksi.

Kuva 15 esittää sirkkalehdet edellä itämistä, joka ilmiö on jokseenkin yleinen havupuilla. Kun siemeniä on anatoomisissa tutkimuksissa halottu, on usein todettu kuvan 15 A esittämä tapaus, jossa siis alkio on asennoltaan ylösalainen, sirkkalehdet mikropyleen päin kääntyneinä. On ilmeistä että takaperoinen itäminen, josta kuva 15 B esittää esimerkin männyllä ja 15 C kuusella, aiheutuu tästä alkion käännetyistä asennosta siemenen sisällä. Taulun V:2 kuvat 1, 3 ja 4 esittävät lisäksi valokuvia sirkkalehdet edellä itäneistä männynsiemenistä. Melkoisen usein on todettu myös kuvan 15 D ja taulun V:2 kuvan 9 esittämä tapaus, missä alkion kasvaessa siemen murtuu halki tai poikki ilmeisestikin siksi, että mikropyle on syystä tai toisesta tukkeutunut tai juuri jäänyt kehittymättä. Kun tällaisissa anomaliatapauksissa taimen juuri ei pääse maan kanssa kosketukseen, ei sirkkalehdet edellä itäneillä taimilla ole mahdollisuutta edelleenkehittymiseen.

Kuva 17 esittää tapausta, jossa alkiolla on kaksi juurenalkua, litteä varsi, sekä suuruudeltaan erikokoisia sirkkalehtiä. Tällainen epämuodostuma muistuttaa yhteenkasvettumaa, ja todennäköistä onkin, että kysymyksessä on kahden alkion embryonaalinen yhteenkasvettuma. Tällaisiakin tapauksia on tutkittavana olevassa materiaalissa havaittu useita. Mahdollisesti voivat jotkut tällaisista yhteenkasvettumista kehittyä edelleenkin.

Myöskin sellaiset taimenalut, joissa juuri on jäänyt enemmän tai vähemmän kehittymättä, ovat yleisiä. Kuva 18 esittää erästä tapausta, jossa taimi on vielä kokonaan siemenen sisällä. Vain viivotettu osa oli elävä juuren ollessa ruskettunut. Toisissa tapauksissa työntyy varren tyvi ulos mikropylestä ja juuren puuttuessa melkein kokonaan koko taimenalku näyttää viheriältä. Tällaistenkin taimien edelleenkehitys on luonnollisesti mahdotonta. Joissakuissa tapauksissa on varsinkin ollut melkein kokonaan surkastunut, niin että taimi on muodostunut pääasiassa sirkkalehdistä, joita yhdistää erittäin lyhyt varren yläpää. Sitävastoin ei milloinkaan ole havaittu tapausta, jossa surkastuminen olisi kohdannut sirkkalehtiä juuren ja varren yksin kehittyessä.

Mitä tulee ylläesitettyjen anomaliatapauksen määrään eri kehitysluokkiin kuuluvilla siemenillä, voidaan todeta suuria eroavaisuuksia niiden välillä. Heikosti kehittyneillä siemenillä ovat monialkioisuudesta johtuvat anomaliat sääntöön kuuluvia. Myös takaperoisesti itäneet y. m. ylläesitetyt anomaliatapaukset ovat heikommin kehittyneissä siemenissä paljo yleisempiä kuin

täysinkehittyneissä. Toiseksi on myös huomattavissa aivan yleisesti se ilmiö, että hitaammin itävissä saman näytteen siemenissä on suurempi %-määrä anomaliatapauksia kuin nopeammin itävissä — mitä pidemmälle idätys kuluu, sen suurempi prosentti itäneistä on varsinkin epänormaalisti ulos murtuneita ja juurettomia taimia. Sirkkalehdet edellä itäneitä tavataan sitävastoin kyllä heti ensimmäistenkin joukossa.

Vuoden 1924 siemeniä idätettäessä tehtiin tarkempia laskelmia epänormaalisti itäneistä, jolloin epänormaaleihin luettiin ne edellä puheenaolleet tapaukset, missä taimen alun edelleenkehitys todennäköisesti olisi ollut mahdoton (ei siis kuitenkaan esim. useimpia polyembryoniatapauksia). Tällöin todettiin tämän suhteellisen hyvän vuoden lajittelemattomassa männynsiemenessä anomaliatapauksen vaihtelevan 0 %—3.5 % siemenien koko luvusta. Tämänlaisia siemeniä ei luettu itäneihin.

Itäväisyys eri kehitysluokissa. Ilmeisesti antaa kunkin näytteen itäväisyysprosentti sinänsä vain epäsuorasti käsityksen eri kehitysluokkiin kuuluvien siemenien itämiskyvystä. Voidaan tosin otaksua, että kehittyneimmät siemenet kussakin näytteessä itävät ensiksi ja varmemmin kuin heikommien kehittyneet. Kuitenkin on ilmeistä, että myös paremmin kehittyneistä siemenistä osa voi jäädä itämättä. Jonkunverran tarkempi tieto tästä kysymyksestä saadaan tutkimalla itämättä jääneet siemenet. Tässäkin tutkimuksessa on tietysti huomioonotettava, että siemenissä on saattanut tapahtua alkuiden kehitystä. Kokemus osoittaa kuitenkin, että suuri osa itämättä jääneistä, etenkin heikosti kehittyneistä siemenistä, on jäänyt melkein kokonaan kehittymättä, joten alkuperäinen kehitysaste esiintyy niissä vain siten muuttuneena, että alkiot ovat imemästään vedestä enemmän tai vähemmän turvonneet.

Taulukossa VIII on esitettyinä saadut tulokset vuoden 1926 itämättä jääneistä siemenistä. Tässäkin tutkittiin vain 25 siementä kustakin kokeesta, milloin itämättä jääneitä näin suuri määrä oli. Eri kehitysluokat vastaavat siinä idättämättömien siementen edellä selvitettyjä kehitysluokkia. Lisäksi ovat tulleet vihreät rinnakkaisluokat kehitysluokkiin III—V, joissa siis sirkkalehdet, usein myös varsiosa ovat vihreät. Myös muiden vuosien siemenistä on suurempi tai pienempi määrä näin tutkittu.

Niinkuin taulukosta havaitaan, jää tyhjiä ja mätäneviä lukuunottamatta itämättä etupäässä heikoimmin kehittyneet siemenet. Kuitenkin havaitaan joukossa myös joitakuuta korkeampien kehitysluokkien siemeniä. Ilmeisesti olisi osa niistä vielä itänyt, jos idätysaikaa olisi pitkitetty riittävästi. — Muuten näyttää siltä kuin olisi täysi syy idätyskokeissa idätyksen jälkeen yleensäkin tähän tapaan tutkia itämättä jääneet siemenet, koska täten saadaan jokseenkin tarkka tieto siitä, minkäverran mahdollisuuksia itäväisyysprosentin kohoamiselle idätystä pitkitettäessä olisi ollut.

Idätystulokset eri vuosilta.

M ä n t y.

Kesällä 1923 kypsyneen siemenen itäväisyysuhteet. Kun taulukon I mukaan luokitellaan sekä rakenteeltaan että itäväisyydeltään tutkitut siemennäytteet, saadaan 0 luokan näytteitä 10 kpl., I luokan 5 kpl., II luokan 15 kpl., III luokan 11 kpl., IV luokan 15 kpl. ja V luokan 39 kpl. (näyte 72 poisjätet-

tynä). Näiden näytteiden keskimääräinen itäväisyysprosentti oli luokassa 0 = 0.2 %; 1. I = 1.4 %; 1. II = 4.9 %; 1. III = 7.4 %; 1. IV = 43.7 %; 1. V = 74 %. Tästä laskelmasta, samoin kuin diagrammista sivulla 34, missä myös kunkin havaintopaikan siementen itäväisyysprosentti on osoitettu, käy havainnollisesti ilmi se tosiasia, että itäväisyysprosentti alenee huomattavasti siementen kehittyneisyyden huonontuessa, ennen 0 luokassa nollaan. Varsinkin luokissa IV ja V on se tuntuvasti korkeampi kuin muissa. Täysin itukykyistä on käytännön kannalta vain V luokan siemen (noin 70 %), joskin myös IV luokan siemen (noin 40 %) voi olla hyväksyttävää, etenkin kun on kysymyksessä siementen hankinta pohjoisesta mäntyrodusta, siis alueilta, missä siemen harvoin, tuskinpa milloinkaan paremmin kypsyi. Kokeilutarkoituksia varten ei ole syytä halveksia kolmannenkaan luokan siementä (itäväisyys alle 10 %) kun kysymyksessä on taimistojen saanti metsärajaseutujen männyistä.

Jos tarkastetaan lähemmin itäväisyyttä eri osissa Suomea kesällä 1923, havaitaan, että lounaisosissa maata (havaintopaikoilla 71, 72, 80, 81, 82) on itäväisyys yli 90 %. Samoin Kannaksella (hav.paikat 87 ja 88). Vähän etempänä sisämaassa (hav.paikat 73, 74, 79, 83) on itäväisyys yli 80 %. Yli 75 % itäviä siemeniä tavataan sen rajan eteläpuolella, joka voidaan piirtää Porin seudusta Kolhoon, Korpilahdelle, Heinävedelle ja täällä kaakkoon Salmiin. Yli 50 % itävien pohjoisraja kulkee Kannuksesta Ätsäriin ja täältä takaisin pohjoiseenpäin kaartuen ehkä Iisalmen lähettävälle ja sieltä itäkaakkoon Enoon. Yli 25 % itävien pohjoisraja kulkee Kestilän itäpuolitse ja Sukevan ja Nurmeksen eteläpuolitse. Kaikkialla tämän rajan pohjoispuolella, siis Suomen koko pohjoispuoliskossa, on itäväisyys ollut enimmäkseen vain muutamia prosentteja tai 0.

HAGEMIN mukaan on siementen itäväisyys kesälämmön oltua 10.0° huono, 10.2—10.5° huono — hyvänpuoleinen, yli 10.5° hyvä (siemenistä, joista tyhjät on poistettu, itää yli 50 %) ja kesälämmön oltua yli 11.7° on siementen kypsyminen erittäin hyvä (taimiprosentti yli 60 samoin laskettuna). HAGEMIN tulosten vertailu tässä tutkimuksessamme saatuihin on vaikeata syystä, että itäväisyysprosentit olemme laskeneet valikoimattomasta siemenestä. Kuitenkin näyttävät tulokset pääasiassa olevan yhtäpitävät. (Vrt. myös EIDE.)

Helpommin verrattavia ovat SCHOTTEN (1924 a ja b) tulokset tältä samalta vuodelta Ruotsista, koska ne perustuvat valikoimattomaan siemeneseen. Niiden mukaan oli 10° kesälämpökäyrän pohjoispuolella itäväisyys 0 (Suomessa keskimäärin 1.0 %, vaihdellen 0—5); 10—11° vyöhykkeellä 2—20 % (Suomessa keskimäärin 17.6 %, vaihdellen 1—45—67); 11—12° vyöhykkeellä 1—48 % (Suomessa keskimäärin 53.3 %, vaihdellen 8—85); keskilämmön oltua yli 12° on siemen Ruotsissa ollut hyvää tai erittäin hyvää (itäväisyys Suomessa keskimäärin 74.2 %, vaihdellen 14—96). Yleensä ovat tulokset Suomesta parempaa itäväisyyttä osoittavia kuin SCHOTTEN Ruotsista saamat, joskin samansuuntaisia kuin ne.

Kesä 1924. Alempien kehitysluokkien itäväisyysuhteista kesän 1924 jälkeen voidaan saada vain harvoihin näytteihin perustuva tieto.

Itäväisyys on	II luokassa	1.7 %	itäväisyys on	IV luokassa	35.9 %
»	III	»	5.9 »	»	V
					» 66.2 »

Nämä keskiarvot osoittavat jonkun verran pienempää itäväisyyttä kuin edellisen kesän (1923) siemenet,

Jos lasketaan keskiarvot lämpövyöhykkeittäin, havaitaan että 11—12° vyöhykkeellä on itäväisyys 44.0 % ja etelämpänä 67.2 %. Nämäkin luvut ovat alempia kuin vuodelta 1923 vastaavista lämpövyöhykkeistä saadut arvot. On mielenkiintoista ja tärkeää todeta, että Etelä-Suomessa, missä tänä vuonna vallitsi yli 14° kesälämpö, itäväisyys oli keskimäärin vain 63.6 %, toisin sanoen ei lainkaan parempi kuin pohjoisempana 12° lämpökäyrän alapuolella. Syy itäväisyysprosentin pienuuteen Etelä-Suomessa tänä vuonna ei siis liene lämpösuhteiden epädullisuudessa.

Kesä 1926. Jos lasketaan männynsiemenen itäväisyys eri kehitysluokissa, on se ollut:

luokassa 0 itäväisyys ..	0 %	luokassa III itäväisyys ..	28.8 %
» I » ..	0.2 »	» IV » ..	44.8 »
» II » ..	4.5 »	» V » ..	85.7 »

Havaitaan siis, että tältä kesältä saadut tulokset sopivat hyvin yhteen kesän 1923 antamien tulosten kanssa, kuitenkin sillä huomattavalla poikkeuksella, että v. 1923 oli itäväisyys III luokassa vain 7.4 % sen ollessa v. 1926 28.8 %. Viimemainitun poikkeavan arvon aiheuttavat havaintopaikat 11 (Kemijärvi) ja 12 (Kuolajärvi), joilla itäväisyys on ollut 43.5 ja 45.1 %. Anatoomisen analyysin mukaan ovat nämä näytteet kyllä jo lähellä IV luokkaa (kts. taulukkoa), joten kesän 1926 arvo lienee itse asiassa liian korkea.

Jos tarkastetaan itäväisyyttä lämpövyöhykkeittäin, saadaan tulokseksi se, että 10° isotermin pohjoispuolella itäväisyys on 0.1 %; 10—11° välillä 23.0 %; 11—12° välillä 62.3 % ja 12° isotermin eteläpuolella 85.6 %. Vuoden 1923 vastaavat luvut olivat 1.0, 17.6, 53.3 ja 74.2, jotenka siis luvut ovat samoihin suuruusluokkiin kuuluvia, kuitenkin v. 1926 melkein kauttaaltaan korkeampaa itäväisyyttä osoittavat kuin v. 1923.

Kesältä 1920 HEIKINHEIMON saamia itäväisyysprosentteja on esitetty taulukossa IV. Idätykseen käytetty siemen on ollut, samoin kuin HAGEMIN käyttämä, tyhjästä siemenistä puhdistettua, jonka takia tulokset eivät ole suoraan verrattavissa tässä tutkimuksessa saatuihin. Huomattava kuitenkin on, että sangen selvä korrelatio on myös kesän 1920 jälkeen havaittavissa siementen kehittyneisyyden ja itäväisyyden välillä, kuten HEIKINHEIMO on tutkimuksessaan toteennäyttänyt.

K u u s i.

Kesä 1923. Kun kuusensiemennäytteet luokitellaan siementen kehittyneisyyden perusteella siten, kuin edellä on esitetty, ja lasketaan itäväisyyden keskimäärä kussakin luokassa, saadaan seuraavat arvot:

luokassa 0 itäväisyys ..	0 %	luokassa III itäväisyys ..	(17) %
» I » ..	3.6 »	» IV » ..	48.9 »
» II » ..	12.5 »	» V » ..	48.7 »

Kun verrataan näitä %-lukuja vastaaviin männystä saatuihin lukuihin (sivu 88 edellä), havaitaan, että kuusensiementen itäväisyys on, lukuunottamatta viimeistä (V) luokkaa koko joukon parempi. Kuusensiementen itäväisyysprosentti olisi ilmeisesti vieläkin korkeampi, jollei tyhjiä siementen määrä olisi suhteettoman suuri. IV ja V luokassa riippuu itäväisyysprosentti pääasiassa tyhjiä luvusta.

Kun tarkastetaan itäväisyyssuhteita lämpökäyräkartalla, havaitaan, että 10° isotermin pohjoispuolella itäväisyys vaihtelee 0—7.5 %, ollen keskimäärin 2.4 %; 10—11° välisellä vyöhykkeellä vaihtelee se 1—64.5 %, ollen keskimäärin 26.3 %; 11—12° välillä on vaihtelu 7.5—62 %; keskimäärä 40.8 %; 12° isotermin eteläpuolella 20.5—76.4 %, keskimäärin ollessa 48.8 %. Myöskin tässä havaitaan, että kuusensiementen itäväisyys on parempi kuin männyn vastaavissa seuduissa. Poikkeuksena ovat Keski- ja Etelä-Suomen alueet, joilla kuusensiementen itäväisyys, etupäässä tyhjien siementen runsauden takia, ei kohoa läheskään yhtä suureksi kuin männyn.

Kesä 1924. Kaikki tutkitut näytteet ovat olleet V luokkaa ja 12° lämpökäyrän alapuolelta. Kaikkien niiden itäväisyyden keskiarvo 46.7 %, joka on jokseenkin saman suuruinen kuin edellisenä vuonna luokista IV ja V saatu. Itäväisyys alenee tyhjien siementen suuremman luvun takia pohjoiseen päin mentäessä. Jos lasketaan itäväisyys havaintopaikoille 8—12, 14—32 ja 33—49 (katso taulukko VI), saadaan itäväisyysprosentit vastaavasti 29.9 %, 47.1 % ja 54.1 % sekä tyhjien vastaavat keskimääräiset prosentit 63.7 %, 45.5 % ja 40.6 %. Jos lasketaan tyhjien ja vastaava itäneiden prosenttimäärä yhteen, saadaan vastaavasti 93.6 %, 92.6 % ja 94.7 % eli lähes samansuuruiset luvut, mistä nähdään, että itäväisyyden aleneminen pohjoiseen mentäessä aiheutuu suorastaan tyhjien luvun lisääntymisestä. (Mainittakoon että edellisenä vuonna oli tyhjien määrä vastaavassa lämpövyöhykkeessä keskimäärin 39.6 %, siis vähän pienempi kuin kesän 1924 jälkeen, kuten myös itäväisyyden pieni eroavaisuus edellyttää.)

Kesä 1925. Tämänkin kesän siemenet ovat kaikki V luokkaa. Kolmen idätetyn näytteen keskiarvo on 65.5 %. Se perustuu siksi harvoin havaintoihin, että saatetaan ainoastaan todeta sen olevan samaa suuruusluokkaa kuin edellisinäkin vuosina vastaavista kesälämpövyöhykkeistä saadut prosenttiluvut ovat. *Kesän 1920* siementen idätystulokset nähdään taulukosta V. Niitäkin on vain harvoja, ja %-luvut ovat osaksi toisenlaisten tutkimusmenetelmien mukaan saatuja, joten tässä on tyydyttävä vain viittaamaan niihin.

Loppupäätelmiä.

Ne tulokset, joihin käsillä oleva tutkimus on johtanut, oikeuttavat havaittamaan oikeiksi useiden tutkijain (RENVALLIN, LAKARIN, HEIKINHEIMON, SCHOTTEN, HAGEMIN, WIBECKIN ynnä muiden) tulokset, jonka mukaan männyn ja kuusen uudistusta lähempänä metsärajaseutuja vain harvoin voi tahtua. Entistä selvemmin on tutkimuksemme osoittanut, että tämä johtuu siementen kehittymisen heikkoudesta, mikä ilmiö taas on ilmeisessä syytyydessä kesälämmön alhaisuuden kanssa. Kelvollisen siemenen pohjoisraja vaihtelee vuosittain lämpökäyrien kulun mukaan.

Suomessa jää normaalilämpiminä kesinä ainakin miltei koko maan pohjoispuolisko alueeseen, jolla siementen kehittyminen on enemmän tai vähemmän puutteellista, ja metsärajaseuduissa muodostuu normaaleina vuosina huonon kehittyneisyyden takia miltei täysin itukyvytöntä siementä ja suotuisimpina vuosina muodostuu viinemainituissa seuduissa vain heikkoa siementä, joka itää huonosti.

On siis erikoisesti huomioonotettava, että edellä puheena ollut uudistumisen kehitys pohjoisissa (ja tunturiseutujen) metsissä aiheutuu esteistä siementen kehittymisessä, eikä esim. puurodun muuttumisesta tai maaperäsuhteiden sopimattomuudesta itämiselle.

Metsänhoidon kannalta merkitsee tämä tietysti sitä, että on pyrittävä tarkoin hyväksikäyttämään harvoin sattuvat suotuisat vuodet hankkimalla silloin runsaasti siementä ja toisaalta sitä, että metsärajaseutujen huonoja uudistumissuhteita on pyrittävä parantamaan ennen kaikkea kylvämällä metsämailla siellä riittävästi itukykyistä siementä.

Edelleenkin saatetaan päätellä, että metsärajasuhteet hyvin suuressa määrässä riippuvat puiden uudistumismahdollisuuksista ja välillisesti lähinnä kesälämpösuhteista. Kriittisillä metsäraja-alueilla voi ilmeisesti jo pysyvä $\frac{1}{2}$ asteen lämmön aleneminen tai yleneminen aiheuttaa selvään havaittavan muutoksen havumetsärajasuhteissa.

Esimerkiksi Laanilan kokeilualueella etelä-Inarissa tunturien metsärajoilla ja varsinkin subalppiinialueilla saatetaan havaita siellä tavattavien vanhojen sekä taimi-ijässä olevien mäntyjen olevan täysin terveitä ja säännöllisesti kehittyneitä. Tästä saatetaan luonnollisesti päätellä, että keinollisesti aikaansaataavilla taimistoilla on kysymyksessä olevilla seuduilla myös mahdollisuuksia kehittyä edelleen arvokkaiksi puiksi.

TABELLEN
TAULUKOT

Tabelle I. Jahr 1923.
Taulukko I. Vuosi 1923.

Pinus silvestris.

Nr. - N:o	Sammlungsort des Samens Siemenen keräyspaikka	Zeit der Sammlung Keräys- aika	Von den Samen gehörten zur Entwicklungskl. Siemenistä kuuluu kehitys- luokkaan							Keimung begann Idätys alkoi	Keim-% nach Itämis-% idätysajan ollessa					
			O	IA	IB	II	III	IV	V		10 Tagen 10 vrk.	15 Tagen 15 vrk.	20 Tagen 20 vrk.	25 Tagen 25 vrk.	25 Tagen 25 vrk.	mehr als 25 T. yli 25 vrk.
			%	%	%	%	%	%	%	1924						
1	Utsjoki, Utsjokivarsi	15/XII 23	(+) ¹	(+)	0	0	0	0	0	25. II	0	0	0	0	0	0
2	Inari, Rakkijärvi	1/XII 23	(+) ¹	(+)	0	0	0	0	0	»	0	0	0	0	0	0
3	Inari, Tsiuttavaara	5/XII 23	48	52	0	0	0	0	0	»	0	0	0	0	0	0
4	Petsamo, Salmijärvi	28/XI 23	12	88	0	0	0	0	0	»	0	0	0	0	0	0
5	Petsamo, Lammasjoki	26/XI 23	20	80	0	0	0	0	0	»	0	0	0	0	0	0
6	Inari, Paatsjoensuu	1/XII 23	20	68	4	6	2	0	0	»	3	3	5	5	5	5
7	Inari, Kirkonkylä	6/XII 23	50	48	2	0	0	0	0	»	0	0	0	0	0	0
9	Enontekiö, Palojoensuu	6/XII 23	76	20	4	0	0	0	0	»	1	1	2	2	2	2
10	Sodankylä, Kängäs, Ukkola	1/XII 23	(+) ¹	(+)	0	0	0	0	0	»	0	0	0	0	0	0
11	Kuolajärvi, Salla, Peteriselkä	3/XII 23	30	50	20	0	0	0	0	»	0	0	0	0	0	0
12	Muonio, Ylikylä, Virnejoja	1/XII 23	23	23	43	8	3	0	0	»	0	1	2	2	2	2
13	Kittilä kk., Isovaara	15/II 24	77	23	0	0	0	0	0	»	0	0	0	0	0	0
14	Sodankylä kk.	27/XI 23	40	60	0	0	0	0	0	»	0	0	0	0	0	0
15	Kemijärvi, Tohmo, Myllyharju	8/XII 23	15	35	50	0	0	0	0	25. I	0	0	0	0	0	1
16	Kuusamo, Kk., Korttesuo	4/XII 23	12	80	4	4	0	0	0	25. II	4	4	5	5	5	5
17	Kolari, Sieppijärvi, Ylinenvaara	3/XII 23	53	30	17	0	0	0	0	»	0	0	0	0	0	0
18	Rovaniemi, Patokoski, Petäjähuhta	13/XII 23	43	30	18	6	3	0	0	»	4	7	7.5	8	9	9
19	Taivalkoski, Salkkokangas	30/XI 23	33	32	28	+	7	0	0	»	1	2	2	2	3	3
20	Turtola, Alanen Korpivaara	20/XII 23	25	30	42	3	0	0	0	»	0	1	1	1	1	1
21	Rovaniemi, Muurola	5/III 24	37	18	16	11	18	0	0	8. III	1	3	3	4	4	4
22	Ranua, Kolonenäke	3/XII 23	21	28	44	5	2	0	0	25. II	1	2	2	6	8	8
23	Pudasjärvi, Kollajankylä, Murtokangas	15/II 24	13	29	25	20	13	0	0	»	0	0	4	4	5	5
24	Suomussalmi, Kärrysaho	5/XII 23	—	—	—	—	—	—	—	19. I	0	18	27	31	32	32
»	»	»	—	—	—	—	—	—	—	25. II	12	26	29	29	32	32
»	»	»	—	—	—	—	—	—	—	8. III	1	4.5	4.5	5	6.5	6.5
25	Ylitornio, Ainianvaara	27/XI 23	32	50	13	5	0	0	0	»	3	4.5	6	6	6	6
26	Puolanka, Aittokylä, Olkkolan kgs.	31/XII 23	38	34	23	5	0	0	0	25. II	1	2	2	2	3	3
27	Kuhmoniemi, Korpisalmi, Kontiolan niemi	11/XII 23	9	2	30	38	17	4	0	»	0	7	11	15	15	15
28	Simo, Simoniemi, Paloharju	30/XI 23	—	—	—	—	—	—	—	19. I	0	2	2	4	5	5
»	»	»	5	24	34	27	10	0	0	25. II	0	0	0	2	5	5
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	8. III	0	3	4	4	5	5
29	Sotkamo, Nuaskylä, Halmetvaara ..	12/II 24	6	23	23	32	14	2	0	»	8	8	8	8	8	8
30	Kajaani, Kuluntalahti	15/II 24	6	54	30	10	0	0	0	»	2	3	3	3	3	3
31	Nurmes, Petäiskylä, Rahivaara	15/II 24	16	49	4	4	26	1	0	—	—	—	—	—	—	—
32	Nurmes, Kuohatti	1/XII 23	—	—	—	—	—	—	—	25. II	0	0	0	1	1	1
»	»	»	—	—	—	—	—	—	—	8. III	3	5	5	5	5	5
33	Sonkajärvi, Sukeva	15/II 24	12	42	38	4	4	0	0	25. II	0	1	2	3	4	4
»	Sonkajärvi, Haajaissyänmaa	30/I 24	28	52	4	4	8	4	0	25. II	3	5	5	5	5	5
34	Kestilä, Maksinselkä ja Piilokangas ..	7/II 24	—	—	—	—	—	—	—	8. III	5	7	8	8	14	14
»	»	»	1/XII 23	8	5.7	3	9	43	313	25. I	16	33	37	38	39	39
»	»	»	14/II 24	—	—	—	—	—	—	25. II	14	35	40	42	45	45
»	»	»	—	—	—	—	—	—	—	8. III	22	26.5	28	29	30	30
35	Sievi, Hanhineva, Maasydämenkangas ..	14/I 24	16	0	16	24	29	11	4	25. II	3	21	29	31	35	35

¹⁾ Zu wenig Samen behufs genauer Bestimmung. — ¹⁾ Siemeniä ollut liian niukasti var-
maa määräystä varten.

Nr. — No	Sammlungsort des Samens Siemenen keräyspaikka	Zeit der Sammlung Keräys- aika	Von den Samen gehörten zur Entwicklungskl. Siemenistä kuuluu kehitys- luokkaan							Keimung alku Idätyksen alku	Keim-% nach Itämis-% idätysajan ollessa					
			O	IA	IB	II	III	IV	V		10 Tagen 10 vrk.	15 Tagen 15 vrk.	20 Tagen 20 vrk.	25 Tagen 25 vrk.	mehr als 25 T. yli 25 vrk.	
			%	%	%	%	%	%	%		1924					
36	Sievi, Sievinkylä, Vähäkähtävänkangas	25/I 24	8	0	3	21	27	36	5	25. II	9	25	27.5	29	30	
37	Kannus, Ylikannus, Silmäjärvenkan- gas	16/II 24	8	0	0	20	40	28	4	8. III	51	56	56	59	62	
38	Perho, Kirkonkylä	30/XI 23	13	10	5	37	25	10	0	25. I	9	24	27	28	30	
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	25. II	4	21	23	25	27	
»	»	15/II 24	»	»	»	»	»	»	»	8. III	25	31	36	37	38	
39	Kivijärvi, Joenniskankangas	20/II 24	(22) ¹	(0)	(0)	(26)	(43)	(9)	(0)	»	26.5	30.5	30.5	31.5	32.5	
40	Alajärvi, Honganpuronkangas	20/II 24	(8) ¹	(0)	(0)	(6)	(43)	(40)	(3)	»	26	27	30	32	35	
41	Pyökkönmäki, Kukko, Tervalammän- kangas	23/II 24	15	30	42	4	9	0	0	»	4	4	4.5	4.5	5.5	
42	Ätsäri, Tuomarniemi	27/XI 23	16	7	0	7	15	40	15	19. I	12	55	66	67	67	
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	25. II	23	58	67	70	71	
»	»	19/II 23	»	»	»	»	»	»	»	8. III	45	61.5	63.5	66.5	67.5	
43	Ylihärmä	1/XII 23	12	0	0	15	26	40	7	19. I	15	41	47	49	53	
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	25. II	11	41	43	44	44	
44	Teuva, Komsu, Peninmaa	17/III 24	11	17	24	32	14	2	0	8. III	0	1.5	8	8	8	
45	Kauhajoki	»	8	4	0	16	24	40	8	»	58.5	61.5	62	62	65.5	
46	Viitasaari, Kymönkoski, Likkainmäki	10/I 24	21	0	3	13	41	15	7	25. II	27	63	68	71	73	
»	»	15/II 24	»	»	»	»	»	»	»	8. III	13.5	18	18	19.5	20.5	
47	Konginkangas, Kalaniemenkylä	15/II 24	25	4	4	7	28	28	4	8. III	37.5	46	47	47	48	
48	Pielisjärvi, Kelvä	3/XII 23	13	3	8	34	32	10	0	19. I	3	36	41	41	41	
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	25. II	5	27	31	35	40	
»	»	23/II 24	»	»	»	»	»	»	»	8. III	20	31	34	41.5	53	
49	Pielisjärvi, Vuonislampi, Kangas- vaara	2/II 24	13	35	0	4	22	26	0	25. II	4	13	18	21	25	
50	Eno, Enonkylä, Kilpelänharju	1/XII 23	7	5	0	5	29	39	15	19. I	13	41	49	50	51	
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	25. II	11	37	39	41	41	
»	»	11/II 24	»	»	»	»	»	»	»	8. III	22.5	42.5	46.5	48	51	
51	Suojärvi, Annantehtas, Karatsalmi	12/XII 23	14	6	0	3	34	37	6	25. I	0	38	66	74	76	
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	25. II	36	60	64	66	67	
»	»	15/II 24	»	»	»	»	»	»	»	8. III	35	39.5	40	41	42	
52	Suojärvi, Katajärvi	1/XII 23	12	68	0	4	16	0	0	25. II	2	7	8	8	8	
53	Suistamo, Loimola, Kiviniemi	18/II 24	8	44	4	4	36	4	0	8. III	10	11	12.5	13	13	
54	Salmi, Ahvenjärvi	1/XII 23	15	42	4	0	15	20	4	25. II	3	10	11	11	11	
55	Salmi, Uomaa	1/XII 23	12	0	0	4	12	44	28	»	67	78	80	80	80	
56	Parkano, Laines Kangas ja Tulusniemi	7/II 24	13	27	0	7	13	30	10	8. III	23	48	49.5	49.5	49.5	
57	Kankaanpää, Kk.	29/I 24	36	0	0	3	5	31	25	25. II	48	58	59	60	60	
58	Kolho (T. Palomäen näyte)	1/XII 23	16	0	0	4	8	48	24	»	47	78	81	85	85	
59	Vilppula, Ajostaipale, Makkaramäki	24/I 24	12	0	0	0	0	54	34	»	62	74	82	84	84	
60	Orivesi, Enonkunta, Särkiniemi-Ruk- kasjärvi	26/XI 23	9	0	7	20	20	34	10	»	51	68	70	72	72	
61	Tampereen seutu	15/II 24	10	0	0	3	27.4	38.3	21.3	8. III	67	72	72	72	72	
62	Laukaa, Lievestuore	3/XII 23	10	12	0	2	14	24	38	19. I	46	69	72	72	73	
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	25. II	43	66	67	69	71	
»	»	18/II 24	»	»	»	»	»	»	»	8. III	54	56.5	57.5	59.5	60.5	
63	Korpilahti, Saukkola	18/II 24	9	0	0	4	25	40	22	»	71	71	71	71	74	

1) Zu wenig Samen behufs genauer Bestimmung. — 1) Siemeniä ollut liian niukasti var-
maa määräystä varten.

Nr. — No.	Sammlungsort des Samens Siemenen keräyspaikka	Zeit der Sammlung Keräys- aika	Von den Samen gehörten zur Entwicklungskl. Siemenistä kuuluu kehitys- luokkaan							Keimung began Idätyks alkoi	Keim-% nach Idätimis-% idätysajan ollessa						
			O	IA	IB	II	III	IV	V		10 Tagen 10 vrk.	15 Tagen 15 vrk.	20 Tagen 20 vrk.	25 Tagen 25 vrk.	mehr als 25 T. yli 25 vrk.		
			%	%	%	%	%	%	%	1924							
64	Padasjoki, Vesijaon kok. alue	5/XII 23	22	0	0	0	4	7	67	25. I	58	71	73	73	73	73	73
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	25. II	49.5	60	63.5	64	64.5	64.5	64.5
»	»	15/II 24	—	—	—	—	—	—	—	8. III	77	83	86	86.5	86.5	86.5	86.5
65	Sysmä, Rapala, Hirvikumpu	29/II 24	8	4	0	0	8	40	40	»	58.5	60.5	60.5	60.5	60.5	60.5	60.5
66	Pieksämäki, Nikkarila	24/XI 23	16	5	3	2	14	46	14	19. I	31	62	66	68	71	71	71
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	25. I	26	51	52	53	55	55	55
»	»	15/II 24	—	—	—	—	—	—	—	8. III	43.5	49.5	52	54	54	54	54
67	Heinävesi, Karvio, Kermanjärvi— Mäntysaari	31/III 24	3	0	0	3	25	47	22	»	63.5	70.5	73	75	76.5	76.5	76.5
68	Punkaharju	3/XII 23	9	2.7	0	2	7.7	20.6	58	19. I	35	73	77	77	77	77	77
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	25. I	72.5	81.5	86	86	86	86	86
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	25. II	66	81.3	82.3	83.7	83.7	83.7	83.7
»	»	20/II 24	—	—	—	—	—	—	—	8. III	46	47.5	49.5	49.5	54	54	54
69	Kurkijoki, kk.	28/I 24	17	19	2	0	11	18	33	»	30	34.5	35	35	35.5	35.5	35.5
70	Ruokolahti, Vehviälä	30/XI 23	7	0	0	0	9	13	71	25. II	43	72	73	74	74	74	74
»	»	15/II 24	12	0	0	0	7	22	59	8. III	61.5	62.5	62.5	62.5	63	63	63
71	Eura, Kauttua, Luistari	23/II 24	18	0	0	0	0	12	70	»	93.5	94	94.5	94.5	94.5	94.5	94.5
72	Laitila, Kodisjoki, Silamaan kgs	9/II 24	4	12	0	0	4	20	60	»	89	91	91	91	91.5	91.5	91.5
73	Punkalaidun	1/XII 24	12	0	0	0	6	35	47	25. II	42	75	84	87	87	87	87
74	Tammela, Mustiala	27/II 24	9	0	0	0	4	23	64	8. III	86.5	87.5	88.5	88.5	88.5	88.5	88.5
75	Lammi, Evo	—/II 24	0 ^a	0	0	0	4	24	72	18. III	?						
76	Lammi (»Tapien» lähettämä)	1/XII 23	24	0	0	4	8	36	28	25. I	76	83	83	84	84	84	84
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	25. II	60	74	74	75	76	76	76
77	Hämeenlinna	1/XII 23	22	5	0	0	8	34	31	»	28	41	44	44	44	44	44
78	Loppi, Räyskälä	1/XII 23	31	38 ^a	0	0	0	25	6	25. I	16	20	21	21	21	21	21
79	Pusula	1/XII 23	14	0	0	0	0	0	86	»	87	88	88	88	88	88	88
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	25. II	86	88	88	88	88	88	88
80	Parainen, Lemlahti	30/XI 23	10	0	0	0	0	0	90	25. I	95	96	96	96	96	96	96
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	25. II	89	97	98	98	98	98	98
»	»	15/II 24	—	—	—	—	—	—	—	8. III	93	93.5	93.5	93.5	93.5	93.5	93.5
81	Kemiö, Gammelby	1/XII 23	15	0	0	0	0	0	85	25. II	86	89	89	89	89	89	89
»	» Sjöfax	1/XII 23	14	0	0	0	0	0	86	»	87	89	89	89	89	89	89
»	» Gårds	1/XII 23	16	0	0	0	0	0	84	»	82	88	90	90	90	90	90
82	Tammisaari, Björknäs	15/II 24	12	0	0	0	0	0	88	8. III	92	92.5	92.5	92.5	92.5	92.5	92.5
»	» Bagby gård	15/II 24	15	8	0	0	0	3	74	»	81.5	81.5	82	82	82	82	82
83	Tuusula, Ruotsinkylän kok. alue	30/XI 23	24	0	0	0	0	16	60	19. I	36	51	52	54	54	54	54
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	25. II	64	77	78.5	79.5	79.5	79.5	79.5
»	»	15/II 24	—	—	—	—	—	—	—	8. III	73	74	74	74	74	74	74
84	Porvoo, Dregsby	26/I 24	4	8	8	0	0	13	67	25. II	56	59	61	61	61	61	61
85	Sippola, Sippulankylä	26/I 24	16	0	0	0	0	10	74	25. II	48	61	61	61	61	61	61
86	Miehikkälä, M-kylä	5/I 24	13	25 ^a	4	0	4	25	29	»	20	30	31	31	31	31	31
»	»	15/II 24	—	—	—	—	—	—	—	8. III	11	12.5	13.5	13.5	14	14	14
87	Pyhäjärvi (V. I.), Yläjärvenkylä	4/XII 23	8	0	0	0	4	28	60	25. I	93	95	95	95	95	95	95
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	25. II	87	88	88	88	88	88	88
»	»	4/II 24	—	—	—	—	—	—	—	8. III	90	91.5	91.5	91.5	92	92	92
88	Raivola	5/XII 23	3	0	0	0	0	0	97	19. I	59	88	92	93	94	94	94
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	25. I	83	94	94	94	94	94	94

1) Gereinigte und sortierte Samen, daher sehr wenig hohle Samen. — 2) Puhdistettua ja lajiteltua siementä, jonka vuoksi tyhjiä on hyvin vähän.

2) Zahlreiche verdorbene Samen, die ursprünglich zur V Kl. gehörten. Die Probe wurde auf Karte 2 der V Qualitätsklasse gezählt. — 2) Paljon pilaantuneita siemeniä, jotka alkuaan ovat kuuluneet V luokkaan. Tämän takia on näyte luettu kartalla 2 laatuluokkaan V.

Tabelle II. Jahr 1924.
Taulukko II. Vuosi 1924.

Pinus silvestris.

Nr.—No.	Sammlungsort des Samens Siemenen keräyspaikka	Zeit der Sammlung Keräys- aika	Von den Samen gehörten zur Entwicklungskl. Siemenistä kuuluu kehitys- luokkaan							Keimung begann Idätyks alkoi	Keim-% nach Itämis-% idätysajan ollessa						1 000-Korn-Gewicht g 1 000 siemenen paino gr
			O	IA	IB	II	III	IV	V		10 Tagen 10 vrk.	15 Tagen 15 vrk.	20 Tagen 20 vrk.	25 Tagen 25 vrk.	mehr als 25 T. yli 25 vrk.		
			%	%	%	%	%	%	%								
1	Petsamo, Moskovankylä ..	17/XII 24	35	3.5	37.6	20.5	3.4	0	0	2/II 25	0.7	1.2	1.2	1.7	1.7	3.297	
1a	Utsjoki, Kirkonkylä	30/I 25	35	0	35	20	10	0	0	3/IV 25	0.5	7	8.1	8.2	8.8	3.513	
1b	Inari, Paatari	15/I 25	38	2.7	38.2	10.2	10.2	0	0	»	0.3	2.3	2.8	2.9	3	3.395	
1c	Inari, Kirkonkylä	10/I 25	4	4	4	0	8	60	20	»	46.6	63.8	65.3	65.3	65.3	4.370	
2	Muonio, Alamuonio	17/XII 24	30	10	0	10	20	30	0	2/II 25	27.8	32	33.3	33.3	33.3	3.433	
3	Kittilän h. a.	—	15	0	0	5	45	35	0	3/II 25	17.6	24.1	25.2	25.5	25.5	4.435	
4	Kuolajärvi, Salla	28/XII 24	35	7.2	0	0	18.1	36.1	3.6	2/II 25	42.9	47	48.1	48.1	48.3	3.973	
5	Kittilä, K:nkylä	29/XII 24	17	0	0	11.1	16.5	38.7	16.6	»	56.8	59.9	60.5	60.7	60.9	3.445	
6	Sodankylä, Kirkonkylä ...	16/XII 24	24	3.3	0	6.6	13.2	39.7	13.2	»	37.6	49.4	51.8	52	52	3.437	
6a	Kemijärvi, Tohmo	15/XII 25	28	0	0	3	12	21	36	3/IV 25	60.8	67	67.3	67.4	67.5	4.068	
7	Kuusamo, Kirkonkylä	16/XII 24	34	3.1	0	6.3	18.9	25.1	12.6	2/II 25	16.3	19	20.3	20.5	20.5	3.263	
8	Kolari, Sieppijärvi	15/XII 24	21	5.7	0	0	11.2	39.5	22.6	»	56.4	60.6	62.3	62.7	62.7	4.198	
8a	Taivalkoski, T:nkylä	16/XII 24	6	10	0	0	8	12	10	3/IV 25	20.8	30.3	30.5	30.9	31.3	3.697	
8b	Suomussalmi, Kirkonkylä ..	15/XII 24	4	38.4	0	0	0	30.7	26.9	2/II 25	26.4	29.4	29.7	30	30.7	3.692	
9	Turtola, Kirkonkylä	31/XII 24	60	0	0	2.1	18.9	12.6	6.4	2/II 25	40.5	41.4	41.5	41.5	41.5	3.802	
9a	Rovaniemi, Muurola	5/XII 24	20	4	0	0	0	4	72	3/IV 25	85.5	87.7	87.7	87.7	87.7	5.445	
10	Ylitornion h. a.	—	20	0	0	0	0	15	65	2/II 25	64.6	67	67.7	67.7	67.7	5.050	
10a	Ylitornion k. k.	15/XII 24	25	0	0	3.4	6.8	23.9	40.9	»	78.1	78.8	79	79	79	3.908	
10b	Tervola, Ylipaakkola	16/XII 24	9	0	0	0	0	9.6	81.4	3/IV 25	91	94.2	94.2	94.2	94.2	4.350	
10c	Simo, Simoniemi	15/XII 24	20	4	0	0	8	16	52	»	60.8	65.6	65.8	65.9	66	4.745	
11	Ranua, Rannankylä	17/XII 24	25	5	0	0	10	20	40	2/II 25	31.1	32.9	33	33	33	4.158	
12	Pudasjärvi, P:nkylä	4/I 25	18	28.5	0	0	0	21.4	32.1	»	32.4	36.2	37.5	38	38.2	3.727	
»	Pudasjärvi, Siurua	19/XII 24	16	0	0	0	3.8	22.9	57.3	3/IV 25	70.4	75	75.5	75.7	75.8	3.985	
12a	Puolanka, Aittokylä	22/XII 24	10	30	0	0	0	20	40	3/IV 25	46.5	48	48.2	48.2	48.2	4.537	
12b	Hyrnsalmi, Kirkonkylä ..	20/I 25	24	12	0	0	0	20	44	»	44.2	48.9	49.7	50	50.2	3.728	
13	Kuhmoniemi, Korpisalmi ..	15/XII 24	5	19	0	0	0	30.4	45.6	2/II 25	58.6	60.2	61.1	61.3	61.5	3.993	
14	Nurmes, Petäiskylä	16/XII 24	13	17.4	0	0	10.5	34.8	24.3	»	40.6	42.9	43.3	43.3	43.5	3.015	
15	Sotkamo, Tipasoja	22/XII 24	30	19.4	0	0	0	11.6	38.9	»	51.8	53.4	53.7	53.7	53.7	3.223	
16	Kajaani, Kuluntalahti	27/XII 24	30	6.4	0	0	3.2	25.4	35	»	55.9	56.9	57.3	57.5	57.5	4.572	
16a	Sonkajärvi, Uura	16/XII 24	20	0	0	0	0	5	75	3/IV 25	79.1	81.7	81.7	81.7	81.7	3.960	
17	Kestilä, Kestilänkylä	11/XII 24	10	0	0	0	0	20	70	2/II 25	83	84.5	84.5	84.5	84.5	4.338	
17a	Muhos, Muhoksenkylä	6/XII 24	13	0	0	0	3.6	10.9	72.5	3/IV 25	77.6	82.9	83.2	83.2	83.7	4.976	
18	Sievi, Sievinkylä	17/XII 24	10	7.5	0	0	0	3.8	78.7	6/III 25	64.3	68.0	69.2	69.2	69.2	4.933	
»	»	12/XII 24	25	0	0	0	0	0	75	3/IV 25	72.7	73.7	73.8	73.8	74	4.300	
19	Haapajärvi, H:nkylä	16/XII 24	6	9.4	0	0	0	9.4	75.2	6/IV 27	37.3	38.5	39	39	39.5	5.121	
20	Perho, Kirkonkylä	14/XII 24	4	11.5	0	0	0	3.9	80.6	6/III 25	83.6	86.6	87	87	87	4.650	
20a	Alajärvi, Alajärvenkylä ...	15/XII 24	11	11.1	0	0	0	0	77.9	3/IV 25	74.5	76.8	77.1	77.2	77.8	4.643	
21	Kivijärvi, Heinolahti	15/XII 24	25	0	0	0	0	15	60	7/IV 27	61.3	62.3	62.3	63	63	4.063	
22	Ätsäri, Tuomarniemi	11/XII 24	15	14.2	0	0	0	14.1	56.7	2/II 25	61.3	61.5	61.9	62.3	62.3	4.327	
23	Jalasjärvi, Vallinkylä	13/XII 24	0	12	0	0	0	8	80	6/III 25	82.9	83.7	84.3	84.3	84.3	4.756	
24	Parkano, Vuovijärvi	10/XII 24	10	25.2	0	0	0	21.6	43.2	2/II 25	49.6	51.4	52.1	52.5	52.8	5.007	
25	Virrat, Kurjenkylä	17/XII 24	10	4.5	0	0	0	4.5	81	6/III 25	69.4	70.8	71.3	71.3	71.3	4.528	
26	Teuva, Kirkonkylä	15/XII 24	20	0	0	0	0	20	60	»	71.3	76.5	77.5	77.5	77.5	5.365	
26a	Kankaanpää, Kirkonkylä ..	18/XII 24	4	16	0	0	0	0	80	3/IV 25	83.8	84.1	84.1	84.2	84.3	5.203	
»	» Venesjärvenk.	15/XII 24	16	0	0	0	0	8	76	»	93.1	93.3	93.5	93.6	93.7	5.178	
»	» Pohjankangas	—	—	—	—	—	—	—	—	19/IV 25	78.8	78.8	78.8	78.8	81.7	4.225	
»	Hongonjoki, Paastonkylä ..	16/XII 24	10	0	0	0	0	0	90	3/IV 25	90.3	90.3	90.3	90.3	90.3	5.375	

Nr. — N:o	Sammlungsort des Samens Siemenen keräyspaikka	Zeit der Sammlung Keräys- aika	Von den Samen gehörten zur Entwicklungskl. Siemenistä kuuluu kehitys- luokkaan							Keimung beaann Itämys alkoi	Keim-% nach Itämis-% idätysajan ollessa						1 000-Korn-Gewicht gr 1 000 siemenen paino gr
			O	IA	IB	II	III	IV	V		10 Tagen 10 vrk.	15 Tagen 15 vrk.	20 Tagen 20 vrk.	25 Tagen 25 vrk.	mehr als 25 T. yli 25 vrk.		
			%	%	%	%	%	%	%								
27	Vilppula, Ajostaipale	14/XII 24	15	7.4	0	0	3.7	0	73.9	6/III 25	77.9	80.3	80.7	80.7	80.7	4.857	
27a	Pykkönmäki, Kukko	13/II 25	16	4	0	0	0	4	76	3/IV 25	56.3	57.8	58	58.1	58.2	3.395	
28	Muuruvesi, Västinniemi ..	15/XII 24	0	28	0	4	0	12	56	6/III 25	64.2	66	66.5	66.5	66.5	5.191	
28a	Lapinlahti, Ollikkala	12/XII 24	16	40.3	0	0	0	3.4	40.3	3/IV 25	30.8	35.1	35.3	35.4	35.7	4.145	
29	Kontiolahti, Jakokoski	4/I 25	20	0	0	5	0	20	55	7/IV 27	74.0	75	77	78.5	79	5.498	
29a	Pielisjärvi, Emonkylä	14/XII 24	15	4.7	0	0	0	9.5	70.8	3/IV 25	78.5	80.5	80.5	80.5	80.5	3.998	
30	Ilomantsi, Hullarvaara	23/XII 24	15	7.4	0	0	11.1	29.6	36.9	2/II 25	75.3	77	77.3	77.4	77.5	3.572	
31	Suojärvi, Annantehdas	16/XII 24	5	0	0	0	3.8	22.8	68.4	6/III 25	63.7	67.9	69.5	69.7	69.7	5.227	
32	Heinävesi, Karvio	10/I 25	18	3.9	0	0	0	15.6	62.5	7/IV 27	70.5	71.5	72	72	72	4.453	
»	» » II	2	0	0	0	0	25.6	72.4		3/IV 25	92.3	93.5	93.5	93.5	93.5	4.150	
33	Hämeenkyrö, Laitila	2/I 25	20	4	0	0	0	4	72	6/III 25	54	55.3	55.5	55.5	55.5	4.945	
34	Orivesi, Enokunta	27/XII 24	13	7.3	0	0	3.6	3.6	72.5	»	44.8	48.1	48.5	48.7	48.7	4.706	
35	Padasjoki, Vesijaon kok.alue	15/XII 24	5	0	0	0	0	0	95	6/III 25	83.9	84.2	84.4	84.4	84.4	4.541	
36	Korpilahti, Muurajärvi ...	15/XII 24	20	0	0	0	3.8	0	76.2	»	62.7	70	70.3	70.3	70.3	5.220	
37	Laukaa, Lievestuore	15/XII 24	10	0	0	0	0	18	72	»	87.8	88.3	88.5	88.8	88.8	5.502	
37a	Konginkangas, Kalaniemen- kylä	22/XII 24	17	3.8	0	0	0	15.1	64.1	3/IV 25	79.9	80.6	80.8	80.8	80.8	4.083	
38	Pieksämäki	15/XII 24	0	0	0	0	10	30	60	3/II 25	61.3	68.1	70	70.7	71.4	5.077	
39	Pieksämäki, Nikkarila	20/XII 24	26	9.6	0	0	0	16.1	48.3	6/III 25	30.0	35.5	36.2	36.2	36.2	4.710	
40	Punkaharju, Laukansaari ...	16/XII 24	6	0	0	0	4.7	9.4	79.9	»	77.5	80	80.3	80.5	80.5	4.821	
40a	Kurkijoki, Elisenvaara	26/I 25	0	40	0	0	0	8	52	3/IV 25	40.8	44.5	44.8	45.1	45.3	4.290	
41	Suistamo, Loimola	16/XII 24	34	2.5	0	0	2.5	10.1	47.9	6/III 25	57.2	59.9	60.2	60.2	60.2	3.133	
42	Eura, Kirkonkylä	8/I 25	12	0	0	0	0	0	88	»	84	87.9	88.8	89	89	4.755	
43	Yläne, Kolinummi	20/XII 24	15	0	0	0	0	10.6	74.4	7/IV 27	(41.2)	(43)	(43.7)	(44.2)	(44.2)	4.423	
43a	Hämeenlinna	—/XII 24	8	2	0	0	0	0	90	3/IV 25	94.1	94.6	94.6	94.7	94.8	5.367	
44	Tuusula, Ruotsinkylän kok. alue	18/XII 24	20	2.9	0	0	0	2.9	64.2	6/III 25	38.9	46.9	47.9	48.5	48.5	5.406	
45	Porvoo, Dregsbj	29/XII 24	28	0	0	3.4	3.4	6.9	58.3	»	43.3	55.6	59.7	60.3	60.3	4.000	
46	Ruokolahti, Vehvilä	16/XII 24	10	0	0	0	0	10	80	»	93	93.3	93.5	93.7	93.7	4.965	
47	Miehikkälä, Mankylä	23/XII 24	16	13.4	0	0	0	13.4	57.2	»	51.1	53.0	53.2	53.2	53.2	3.995	
1a	Utsjoki	—/ V 25	—	—	—	—	—	—	—	13/III 26	0	4.9	6.9	—	—	3.303	
6	Sodankylä, Kirkonkylä ..	6/V 25	—	—	—	—	—	—	—	»	43.8	62.8	66.7	—	—	3.725	
9a	Rovaniemi, Muurola	4/V 25	—	—	—	—	—	—	—	»	67.3	69.8	70.3	—	—	4.705	
10c	Simo, Simoniemi	27/IV 25	—	—	—	—	—	—	—	»	45.0	48.3	49.0	—	—	3.633	
22	Ätsäri, Tuomarniemi	—/IV 25	—	—	—	—	—	—	—	»	42.7	53.3	55.0	—	—	4.328	
26a	Kankaanpää	30/III 25	—	—	—	—	—	—	—	»	79.4	83.9	84.7	—	—	4.623	
39	Pieksämäki, Nikkarila	—/V 25	—	—	—	—	—	—	—	»	35.2	45.2	46.2	—	—	4.330	
48a	Kivennapa, Ikolajärvi	—/IV 25	—	—	—	—	—	—	—	»	75.6	84.1	86.3	—	—	5.112	
48	Raivolan kokeilualue	—/IV 25	—	—	—	—	—	—	—	»	81.2	86.2	86.7	—	—	5.018	
49	Tammisaari	—/IV 25	—	—	—	—	—	—	—	»	69.8	81.0	82.7	—	—	5.035	

1) Zahlreiche beschädigte Samen. — 1) Paljon vahingoittuneita siemeniä.

Tabelle III. Jahr 1926.
Taulukko III. Vuosi 1926.

Pinus silvestris.

Nr. — N:o	Sammlungsort des Samens Siemenen keräyspaikka	Zeit der Sammlung Keräys- aika	Von den Samen gehörten zur Entwicklungskl. Siemenistä kuuluu kehitys- luokkaan							Keimung begann Idätyks alko	Keim-% nach Itämis-% idätysajan ollessa				
			O	IA	IB	II	III	IV	V		10 Tagen 10 vk.	15 Tagen 15 vk.	20 Tagen 20 vk.	25 Tagen 25 vk.	mehr als 25 T. yli 25 vk.
1	Utsjoki, Kirkonkylä	14/XII 26	12	22	45	21	0	0	0	3/III 27	0	0	0	0	0
2	Petsamo, Salmijärvi	—/II 27	4	84	12	0	0	0	0	3/III 27	0	0	0	0	0
3	Petsamo, Puskajoki	23/II 27	100	0	0	0	0	0	0	„	0	0	0	0	0
4	Inari, Ranttilan seutu	8/XII 26	8	56	36	0	0	0	0	„	0	0	0	0	0
5	Inari, Angelin seutu	6/XII 26	12	24	64	0	0	0	0	„	0	0	0	0	0
6	Inari, Kirkonkylän seutu	6/XII 26	24	20	56	0	0	0	0	„	0	0	0	0	0
7	Inari, Harrijärven ja Patsjoen välillä	21/XII 26	12	36	48	4	0	0	0	8/IV 27	0	0	0	0	0.8
8	Inari, Korpikuruvaara	23/XII 26	8	20	36	32	4	0	0	„	0	0	0	0	0
9	Kittilä, Levitunturi (600 m m. y.)	2/XI 26	8	8	24	44	16	0	0	8/III 27	1	3	5.2	5.8	6.8
10	Kittilä, Uusellä (500 m m. y.)	3/XI 26	16	8	48	24	4	0	0	„	1	3	3.5	4.7	5
11	Kemijärven h. a.	/I—III 27	30	2	6	8	50	4	0	6/V 27	12.5	37.5	43.5	43.5	—
12	Kuolajärvi	—/XII 26	22	0	4	16	50	8	0	3/III 27	4.5	8.7	10	13.8	45.1
13	Kuusamo, Rukatunturi	8/I 27	18	27	31	18	6	0	0	„	0.2	0.8	0.8	0.8	12.8
14	Kuusamo, Kirkonkylä	1/I 27	28	12	8	32	16	4	0	„	6	11.2	12.2	12.7	21.3
15	Kolari	/I—III 27	17	4.5	7	10.5	29	26	6	4/IV 27	10.3	23	25.3	25.8	26.3
16a	Yli-Tornio 1)	/I—IV 27	(0)	(0)	(0)	(0)	(4)	(52)	(44)	—	—	—	—	—	—
16	Rovaniemi, Kivalon kok. alue	—/I 27	15	0	0	4	21	30	30	18/III 27	51.8	56.7	59.2	61.2	61.8
17	Suomussalmi, Kianta	2/II 27	6	0	2	10	52	26	4	3/III 27	32.8	41.3	41.7	43.7	63.2
18	Yli-Li, Karjalankylä	30/I 27	4	0	0	4	28	0	64	„	28.3	40	42.3	44.3	49.3
19	Puolanka, Aittokylä	28/II 27	4	4	0	4	32	40	16	8/IV 27	39.8	43.3	43.8	46	55
20	Kuhmoniemi h. a.	/I—II 27	12	9	6	16	21	24	12	4/III 27	61.2	64.3	65.5	67.5	74.3
21	Vaalan h. a. 1)	/I—III 27	(0)	(0)	(0)	(0)	(12)	(32)	(56)	11/V 27	(70.2)	(—)	(—)	(—)	(—)
22	Sievi, Kiiskilä	1/I 27	10	0	0	0	0	15	75	3/III 27	73.3	78.8	79.3	79.8	80.8
23	Sonkajärvi, Sukeva	—/I 27	4	0	4	0	0	36	56	„	80	82.3	82.5	82.7	85.2
24	Vimpeli 1)	/I—III 27	(0)	(4)	(2)	(0)	(2)	(16)	(76)	8/IV 27	(85.8)	(86.5)	(87.5)	(88.3)	(88.7)
25	Orismala	/I—II 27	12	4	0	0	0	0	84	4/III 27	88.7	89	89.2	89.3	89.5
26	Tuomarniemen karistimo 1) ...	/I—III 27	0	0	0	0	0	0	100	30/IV 27	86.2	87.5	87.5	—	—
27	Kankaanpää, Pohjankangas ..	12/XI 26	10	0	0	0	0	0	90	18/III 27	69.4	70.5	70.9	71.4	71.5
28	Suistamo, Loimola	2/XI 26	4	0	0	0	0	12	84	4/III 27	81.7	83.2	83.2	83.7	84.3
29	Tuusula, Ruotsinkylän kok. alue	—/I 27	6	0	0	0	0	0	94	—	—	—	—	—	—
30	Veikkolan kok. alue	—/III 27	4	0	0	0	0	0	1	12/IV 27	93.5	95.5	95.5	95.5	95.5
31	Kivennapa, Ikolajärvi	15/XII 26	8	0	0	0	0	0	92	4/III 27	81.2	85.2	86.3	86.8	87.3

1) Gereinigte und sortierte Samen. — 1) Puhdistettua ja lajiteltua siementä.

Tabelle IV. Jahr 1920. *Pinus silvestris*, *Picea excelsa*.
 Taulukko IV. Vuosi 1920.

Nr. — N:o	Sammlungsort des Samens Siemenen keräyspaikka	Zeit der Sammlung Keräys- aika	Von den Samen gehörten zur Entwicklungskl. Siemenistä kuuluu kehitys- luokkaan							Keim- ^{o/1)} Idäviläisyys- ^{o/1)}
			O	IA	IB	II	III	IV	V	
	<i>Pinus silvestris:</i>		%	%	%	%	%	%	%	
1	Utsjoki, Puolmakjoki	Winter 1920—1921 Talvi 1920—1921	24	4	56	12	4	0	0	0—5
2	Utsjoki, Jomppala		10	6	38	38	8	0	0	0—12
3	Utsjoki, Tsuokkavaara		28	12	44	16	0	0	0	0—2
4	Inari, Tsiuttavaara		(?)	(2)	(70)	(26)	(2)	0	0	1—2
5	Posio, Riisitunturi		(?)	(0)	(0)	(0)	(10)	(55)	(35)	81
6	Kuusamo, Naatikkavaara .		(?)	(0)	(0)	(8)	(4)	(36)	(52)	64
7	Kuusamo, Kitkanranta ...		(?)	(0)	(0)	(0)	(0)	(50)	(50)	—
	<i>Picea excelsa:</i>									
8	Inari, Kortelaisen kangas		(?)	(0)	(4)	(16)	(40)	(36)	(4)	} 31
9	Inari, Mukansuun kangas		(?)	(0)	(4)	(16)	(24)	(40)	(16)	
10	Enontekiö, Muotkajärvi ...		(?)	(0)	(0)	(0)	(44)	(36)	(20)	
11	Ylitornio, Turtola		56	4	0	0	0	12	48	

¹⁾ Die gekeimten Samen waren sortiert (s. HEIKINHEIMO, 1921, Tabelle S. 40).

— ¹⁾ Idätetyt siemenet olivat lajiteltuja.

Tabelle V. Jahr 1923.
Taulukko V. Vuosi 1923.

Picea excelsa.

Nr.—No	Sammlungsort des Samens Siemenen keräyspaikka	Zeit der Sammlung Keräys- aika	Von den Samen gehörten zur Entwicklungskl. Siemenistä kuuluu kehitys- luokkaan							Keimung begannt Idätys alkoi	Keim-% nach Itämis-% idätysajan ollessa					
			O	IA	IB	II	III	IV	V		10 Tagen 10 vrk.	15 Tagen 15 vrk.	20 Tagen 20 vrk.	25 Tagen 25 vrk.	25 Tagen 25 vrk.	mehr als 25 T. yli 25 vrk.
5	Petsamo, Suonikylä	17/II 24	20	80	0	0	0	0	0	7/III 24	0	0	0	0	0	0
11	Kuolajärvi, Salla	13/II 24	52	48	0	0	0	0	0	»	0	0	0	0	0	0
12	Muonio, Ylikylä	15/II 24	24.5	35.5	40	0	0	0	1)0	»	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
13	Kittilä, K-kylä, Majavalehto	14/II 24	32	64	4	0	0	0	0	»	0	0	0	0	0	0
17	Kolari, Sieppijärvi, Kiimakangas	20/II 24	8	44	40	8	0	0	0	»	0	1	1.5	4	7	7
19	Taivalkoski, T-nkylä, Suoperän kumpu	18/II 24	16	72	12	0	0	0	0	»	0	0	0	0	0	0
20	Turtola, T-nkylä, Alanen Korpi- vaara	17/II 24	44	44	12	0	0	0	0	»	0	0.5	0.5	0.5	1	1
»	Turtola, Juoksenki, Ratasvaara ..	20/II 24	44	46	10	0	0	0	0	»	1	2	2.5	2.5	2.5	2.5
22	Ranua, Ranuankylä	14/II 24	12	56	20	12	0	0	0	»	—	—	—	—	—	—
23	Pudasjärvi, Kollonkylä, Murto- kangas	15/II 24	0	12	16	48	24	0	0	»	—	—	—	—	—	—
24	Suomussalmi, K-kylä, Joutenniemi	14/II 24	4	40	24	32	0	0	0	»	0.5	0.5	1.5	2	13	13
28	Puolanka, Aittokylä, Olkkolan- kangas	20/II 24	16	44	24	16	0	0	0	»	2	3	4	4	7	7
26	Simo, Simonieni	18/II 24	+	+	+	+	0	0	1)0	»	—	—	—	—	—	—
29	Sotkamo, Nuaskylä, Halmetvaara	12/II 24	4	44	40	12	0	0	0	»	2	9	12	12	14	14
33	Sonkajärvi, Haaan sydänmaa ..	7/II 24	32	15	2	28	23	0	0	»	—	—	—	—	—	—
34	Kestilä, K-kylä, Piilolankorpi	15—16/II 24	20	12	0	12	40	16	0	»	34	55	57	58	64.5	64.5
37	Kannus, Ylikannus, Silmäjärven kangas	16/II 24	40	28	0	4	12	12	4	»	24	32	32	32	32.5	32.5
38	Perho, Kirkonkylä	15/II 24	20	4	0	24	36	12	4	»	45.5	52	54	54	55	55
40	Alajärvi, Kotakangas	20/II 24	20	8	4	12	8	36	12	»	17.5	47	49	49	52	52
41	Pylkönmäki, Kukko, Tervalamm- in kangas	23/II 24	60	5	0	15	17	3	0	»	11	23	25	28	29	29
44	Teuva, Korsi, Peninmaa	17/II 24	20	32	28	16	4	0	0	»	0	5	6.5	6.5	7.5	7.5
45	Kauhajoki	—/I—II 24	32	20	0	0	12	12	24	»	10.5	31.5	33	36.5	43	43
46	Viitasaari, Kolimankylä, Musta- puron rinne	15/II 24	32	12	0	4	20	24	8	»	5.5	53.5	62.5	62.5	64	64
46a	Lapinlahti, Ollikkala	6/II 24	25	25	0	5	30	15	0	3/IV 25	32.7	35.7	36.2	36.2	36.2	36.2
47	Konginkangas, Kalaniemenkylä, Raatesuon korpi	15/II 24	44	4	0	0	12	20	20	7/III 24	36	57.5	58	60.5	62	62
50	Eno, Enonkylä, Kilpelänharju ..	14/II 24	36	24	0	0	4	0	36	»	0	20	21	21	22	22
51	Suojärvi, Annantehdas	15/II 24	4	4	0	4	16	12	60	»	58.5	74.5	76	76	76	76
52	Suojärvi, Kotajärvi	25/I 24	44	4	0	0	12	12	28	24/II 24	47	61	62	62	62	62
»	Suojärvi, Kotajärvi	»	»	»	»	»	»	»	»	7/III 24	31	58	59.5	59.5	59.5	59.5
53	Suistamo, Loimola, Kiviniemi ..	18/II 24	16	28	0	4	0	12	40	»	37	38	38	38	38	38
56	Parkano, P-nkylä, Tulusmäki ..	7/II 24	28	12	4	0	32	24	0	»	46	49	49	49	50.5	50.5
57	Kankaanpää, K-nkylä	29/I 24 ¹⁾ (64)	(0)	(0)	(0)	(8)	(8)	(20)	(20)	24/II 24	41	50	51	51	51	51
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	7/III 24	15.5	43.5	44	44.5	45.5	45.5
59	Vilppula, Ajostaipale, Makkara- mäki	24/I 24 ¹⁾ (69)	(0)	(0)	(8)	(0)	(15)	(8)	(8)	»	32.5	41.5	41.5	41.5	41.5	41.5

1) Zu wenig Samen behufs genauer Bestimmung. — 1) Liian vähän siemeniä varmaan määräykseen.

Nr.—No	Sammlungsort des Samens Siemenen keräyspaikka	Zeit der Sammlung Keräys- aika	Von den Samen gehörten zur Entwicklungskl. Siemenistä kuuluu kehitys- luokkaan.							Keimung beginn Idätys alkoi	Keim-% nach Itämis-% idätysajan ollessa					
			O	IA	IB	II	III	IV	V							
			%	%	%	%	%	%	%							
59	Vilppula, Ajostaipale, Makkara- mäki	24/I 24	(69)	(0)	(0)	(8)	(0)	(15)	(8)	24/II 24	33	42	43	43	43	mehr als 25 T. vii 25 vrk.
62	Laukaa	18/II 24	48	0	0	4	16	20	12	7/III 24	39.5	69	50	50	50	
62a	Toivakka, Kaukainen, Kotasenmaa	19/II 24	36	4	0	4	0	16	40	»	29	39.5	39.5	40.5	43	
63	Korpilahti, Saukkola	18/II 24	36	20	4	0	24	12	4	»	20	49.5	50.5	52.5	53.5	
64	Padasjoki, Vesijaon kok. alue	15/II 24	32	0	0	0	0	8	60	»	24.5	53.5	55	56.5	56.5	
66	Pieksämäki, Nikkarila	29/II 24	16	16	0	8	16	28	16	»	24.5	43.5	46.5	46.5	48.5	
67	Heinävesi, Karvio	15/II 24	72	4	0	0	0	0	24	»	28.5	32	32.5	32.5	32.5	
68	Punkaharju, Laukansaari	15/II 24	56	0	0	4	0	0	40	»	40	59	59.5	59.5	59.5	
69	Kurkijoki, Kirkonkylä	28/I 24	20	4	0	0	4	12	60	»	18.5	41.5	42.5	43.5	43.5	
70	Ruokolahti, Vehviälä	15/II 24	31	32	0	0	0	7	30	»	19	20.5	20.5	20.5	20.5	
71	Eura, Kauttua	23/II 24	56	4	0	0	0	4	36	»	38	43.5	43.5	43.5	44	
72	Yläne, Eläjärven ranta	7/II 24	36	8	0	4	0	4	48	»	34.5	40	40.5	40.5	41.5	
74	Tammela, Mustiala	27/II 24	78	0	0	0	0	7	15	»	22	23	23	23	23	
80	Parainen, Gesterböle, Qvidja	15/II 24	68	0	0	0	0	0	32	»	38	40	40	40	40.5	
82	Tammisaari	15/II 24	15	0	0	0	0	0	85	»	20.1	66.5	71.8	73.9	76.4	
86	Miehikkälä	15/II 24	40	0	0	0	0	0	60	»	64	72	72	72	72	
87	Kivennapa, Miettälänkylä	4/II 24	20	8	0	0	0	4	68	»	44.5	55.5	57	60	60	
88	Raivola, kokeilualue	16/II 24	40	0	0	0	0	8	52	»	22.5	55	56.5	56.5	56.5	

1) Zu wenig Samen behufs genauer Bestimmung. — 1) Liian vähän siemeniä varmaan määräykseen.

Tabelle VI. Jahr 1924.
Taulukko VI. Vuosi 1924.

Picea excelsa.

Nr. — No.	Sammlungsort des Samens Siemenen keräyspaikka	Zeit der Sammlung Keräys- aika	Von den Samen gehörten zur Entwicklungskl. Siemenistä kuuluu kehitys- luokkaan							Keimung began Idätyks alkoi	Keim-% nach Itämis-% Idätyksajan ollessa						1 000-Korn-Gewicht gr 1 000 siemenen paino gr
											10 Tagen 10 vrk.	15 Tagen 15 vrk.	20 Tagen 20 vrk.	25 Tagen 25 vrk.	mehr. als 25 T. yl 25 vrk.		
			O	IA	IB	II	III	IV	V								
8b	Suomussalmi, Kirkonkylä	15/XII 24	68	0	0	0	4	4	24	3/IV 25	30.8	32.2	32.5	32.6	32.7	2.842	
9	Turtola, Kirkonkylä	31/XII 24	75	5	0	0	0	10	10	3/II 25	19.4	19.7	19.7	19.7	19.7	2.608	
9a	Rovaniemi, Rautiosaari	22/XII 24	68	0	0	0	0	0	32	8/IV 27	10.7	29.3	31.3	33	33.3	5.000	
10a	Ylitornio, Kirkonkylä	15/XII 24	65	0	0	0	0	0	35	3/II 25	17.7	19	19	19.2	19.2	2.160	
10c	Simo, Simoniemi	16/XII 24	64	0	0	0	0	4	32	3/IV 25	25.5	28.2	28.7	28.9	29.2	3.448	
11	Ranua, Ranuankylä	17/XII 24	58	6	0	0	0	6	30	3/II 25	25.4	27.1	27.7	27.8	28	3.308	
12	Pudasjärvi, P:nkylä	4/I 25	62	0	0	0	0	2	36	3/IV 25	22.2	23.7	24.2	24.2	24.2	2.525	
12b	Hyrynsalmi, Oravivaara	20/I 25	50	0	0	0	0	9	41	»	50.2	52.2	52.5	52.6	52.7	3.330	
14	Nurmes, Petäiskylä	16/XII 24	62	0	0	0	0	0	38	3/II 25	19.1	23.5	23.9	24.2	24.2	3.062	
15	Sotkamo, Tipasjoja	22/XII 24	50	6.7	0	0	0	6.7	36.6	3/II 25	28	29.5	30	30	30	3.118	
16	Kajaani, Kulantalanti	27/XII 24	56	0	0	0	0	4	40	»	42.3	46	47.2	47.3	47.3	4.342	
16a	Sonkajärvi, Uura	16/XII 24	40	8	0	0	0	0	52	3/IV 25	63.6	68.6	69.6	69.7	69.8	4.280	
16a	Sonkajärvi, Sukeva	31/XII 24	46	0	0	0	0	0	54	»	34.2	39	40.5	40.7	40.8	4.700	
17	Kestilä, Kestilänkylä	15/XII 24	64	0	0	0	0	9	27	3/II 25	21.5	23.8	24	24	24	3.148	
18	Sievi, Sievinkylä	17/XII 24	44	0	0	0	0	4	52	6/III 25	25.2	43.1	45.5	46.5	46.5	3.933	
19	Haapajärvi, H:nkylä	16/XII 24	47	2.8	0	0	0	0	50.2	6/III 25	25.1	45	49.4	49.9	50	4.633	
20	Perho, Kirkonkylä	14/XII 24	48	0	0	0	0	8	44	3/IV 25	53.8	54.6	55.5	55.8	56.3	4.678	
20a	Alajärvi, A:nkylä	15/XII 24	40	0	0	0	0	0	60	3/IV 25	55.6	55.8	55.8	55.8	56	4.368	
21	Kivijärvi, Heinolahti	15/XII 24	60	0	0	0	0	4.4	35.6	3/II 25	41.7	43.5	43.7	44	44	4.135	
22	Ätsäri, Tuomarniemi	11/XII 24	39	0	0	0	0	0	61	8/IV 27	14.2	29.4	31.8	32.3	32.3	5.028	
23	Jalasjärvi, Vallinkylä	13/XII 24	39	0	0	0	0	0	61	6/III 25	41.7	55.3	57.1	57.3	57.3	4.278	
24	Parkano, Vuorijärvi	10/XII 24	44	0	0	0	0	4	52	8/IV 27	27.2	47.2	50.2	50.4	50.4	3.802	
25	Virrat, Kurjenkylä	17/XII 24	46	0	0	0	0	0	54	21/IV 27	23.2	—	46.4	47	47	5.313	
26	Teuva, Kirkonkylä	15/XII 24	64	0	0	0	0	0	36	3/IV 25	46.2	53.7	54	54	54	4.338	
26a	Kankaanpää, Vihtiläjärvi	15/XII 24	16	4	0	0	0	0	80	»	63	67	67.2	67.4	67.5	4.350	
»	Kankaanpää, Venesjärvi	15/XII 24	50	2.7	0	0	0	0	47.3	»	45	47.7	48.5	48.5	48.7	3.750	
26b	Hongonjoki, Paastonkylä	16/XII 24	20	2.5	0	0	2.5	5	70	»	50.4	62.4	68.7	69.1	70.5	5.312	
27	Vilppula, Ajostapale	19/XII 24	62	0	0	0	0	0	38	8/IV 27	18	27	27	27	27	4.392	
28	Muuruvesi, M:nkylä	16/XII 24	16	0	0	0	0	8	76	6/III 25	20.4	45.7	60.7	65.9	66.5	5.486	
29	Kontiolahti, Jakokoski	18/XII 24	41	0	0	0	5.9	0	53.1	3/II 25	55.8	60.6	60.7	61	61	5.102	
29a	Pielisjärvi, Emo	14/XII 24	46	0	0	0	0	0	54	3/IV 25	57	57	57.3	57.3	57.3	4.568	
30	Ilomantsi, Hullarvaara	22/XII 24	56	0	0	0	0	4	40	3/II 25	11	13.9	15.4	15.6	15.8	3.243	
31	Suojärvi, Annantehdas	17/XII 24	44	4	0	0	0	4	48	6/III 25	17.8	37.7	48.8	52.8	53.5	4.623	
32	Heinävesi, Karvio	10/I 25	42	0	0	0	0	0	58	3/II 25	54.1	61.2	62.5	62.5	62.5	4.938	
33	Hämeenkyrö, Laitila	2/I 25	40	0	0	0	0	0	60	8/IV 27	15.7	52.2	62.0	63.0	63.2	4.987	
34	Orivesi, Enonkunta	28/XII 24	40	0	0	0	0	0	60	6/III 25	26.9	42.1	47	48	48.2	4.453	
35	Padasjoki, Vesijoen kok. alue	15/XII 24	20	0	0	0	0	0	80	»	24.2	51.2	58.6	59.8	60	5.200	
36a	Muurame, Iso-Tikkamäki	23/XII 24	40	0	0	0	0	0	60	»	35	59.4	62.5	63	63	4.207	
37b	Hankasalmi, Kovalamäki	16/XII 24	25	3.1	0	0	0	0	71.9	3/IV 25	51.7	63	67.2	67.8	67.8	5.492	
39	Pieksämäki, Nikkarila	28/XII 24	43	0	0	0	0	0	57	6/III 25	15.4	41.6	47.8	49.9	50.2	5.193	
40	Punkaharju, Laukansaari	5/XII 24	44	4	0	0	0	0	52	6/III 25	4.2	17	31.8	44.2	47.8	5.350	
40a	Kurkijoki, Elisenvaara	26/I 25	40	0	0	0	0	0	60	3/IV 25	66.2	74.8	77.1	77.2	77.3	5.332	
42	Eura, Kirkonkylä	8/I 25	30	0	0	0	0	0	70	6/III 25	35.8	68.3	72.1	72.8	72.8	5.233	
43	Yläne, Kirkonkylä	20/XII 24	50	0	0	0	0	0	50	6/III 25	16.5	48.9	58.5	60	60	4.808	
43a	Hämeenlinnan seutu	—/XII 24	66	0	0	0	0	0	34	3/IV 25	25.9	27.6	28.1	28.2	28.3	2.953	
44	Tuusula, Ruotsinkylän kok. alue	15/XII 24	45	0	0	0	0	0	55	6/III 25	11	24.4	31.5	31.9	32	3.853	
45	Porvoo, Dregsby	20/XII 24	45	0	0	0	0	0	55	3/II 25	28.3	32.9	34.3	35	35	5.516	
46	Ruokolahti, Vehviälä	16/XII 24	60	0	0	0	0	0	40	6/III 25	8.7	25.1	29.4	30.5	30.5	3.542	
47	Miehikkälä, M:nkylä	23/XII 24	42	2.8	0	0	0	0	55.2	»	22.9	45.8	50	50.6	50.8	4.550	
48	Raivolan kok. alueen seutu	15/XII 24	31	0	0	0	0	0	69	3/II 25	64.5	66.1	66.3	66.5	66.5	3.387	
49	Tammisaari, Björknäs	12/XII 24	30	0	0	0	0	0	70	3/IV 25	62.1	66.8	67	67	67	4.612	

Tabelle VII. Jahr 1925.
Taulukko VII. Vuosi 1925.

Picea excelsa.

Nr. — N:o	Sammlungsort des Samens Siemenen keräyspaikka	Zeit der Sammlung Keräys- aika	Von den Samen gehörten zur Entwicklungs-klasse Siemenistä kuuluu kehitys- luokkaan							Keimung begann Idätys alkoi	Keim- % nach Itämis- % idätysajan ollessa				
			O	IA	IB	II	III	IV	V		10 Tagen 10 vrk.	15 Tagen 15 vrk.	20 Tagen 20 vrk.	25 Tagen 25 vrk.	mehr als 25 T. yli 25 vrk.
1	Muonio	³ /V 26	20	—	—	—	10	50	20	—	—	—	—	—	—
2	Sodankylä	² /II 26	44	0	0	0	4	4	48	¹³ /III 26	28.3	54.9	60.3	—	—
3	Koluojan kangas Kemijoen N- puolella	/XII 25	15	0	0	0	0	5	80	¹³ /III 26	51	72.3	74.3	—	—
4	Kumpukivolan N-rinne	/XII 25	45	0	0	0	0	0	55	»	43	58.3	61	—	—
5	Kuhmoniemi	/III 26	56	0	0	0	0	4	40	—	—	—	—	—	—

¹⁾ Die grosse Anzahl von hohlen Samen ist durch Insektenschädigung bedingt. — ¹⁾ Tyhjien siementen suuri määrä aiheutuu hyönteistuhouista.

Tabelle VIII. Jahr 1926.
Taulukko VIII. Vuosi 1926.

Pinus silvestris.

Nr. N:o.	Sammlungsort des Samens Siementen keräyspaikka	Die Keimung begann Idätyks alkoi	Die Keimung wurde beendet Idätyks lopetettiin	Entwicklungszustand der ungekeimten Samen Itämättä jääneiden siementen kehittyneisyys										
				Hohle Tyhjä	Endosp. eingeschrumpt Valk. kutistunut.	Volle, verfallende Täytellä mätäneviä	Embryo weiss, gehört zur Entwicklungsst. Alkio valkea, kuuluu kehitysluokkaan					Embryo grünlich, geh. zur Entw.-st. Alkio vihertävä, kehitysluokkaa		
							I	II	III	IV	V	II-III	IV	V
		1927	1927	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
1	Utsjoki, Kirkonkylä	4. III	20. IV	70	30	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	Petsamo, Salmijärvi	3. III	19. IV	24	68	8	—	—	—	—	—	—	—	—
3	Petsamo, Puskajoki	18. III	—	60	40	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	Inari, Ranttilan seutu	3. III	19. IV	50	50	20	—	—	—	—	—	—	—	—
5	Inari, Angelin seutu	3. III	19. IV	30	60	10	—	—	—	—	—	—	—	—
6	Inari, Kirkonkylän seutu	3. III	19. IV	32	24	36	4	—	—	4	—	—	—	—
12	Kuolajärvi	3. III	19. IV	39	21	28	—	—	3	3	3	3	—	—
13	Kuusamo, Rukatunturi	3. III	19. IV	32	8	40	—	—	—	8	4	—	—	8
14	Kuusamo, Kirkonkylä	3. III	19. IV	24	36	32	—	—	—	4	—	—	—	4
17	Suomussalmi, Kianta	3. III	19. IV	32	16	16	—	—	—	8	2	—	12	12
18	Yli-Li, Karjalankylä	3. III	19. IV	56	4	8	—	—	4	8	16	4	4	—
20	Kuhmoniemen h. a.	4. III	20. IV	24	4	48	—	—	—	—	4	4	4	12
22	Sievi, Kiiskilä	3. III	19. IV	28	28	40	—	—	—	—	—	4	—	—
23	Sonkajärvi, Sukeva	3. III	19. IV	40	20	4	—	—	—	4	4	—	4	24
25	Orismala	4. III	20. IV	90	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—
28	Suistamo, Loimola	4. III	20. IV	76	4	4	—	—	—	—	4	—	—	12
31	Kivennapa, Ikolajärvi	4. III	20. IV	77	3	—	—	—	—	—	4	—	—	16

TAFELN
TAULUT

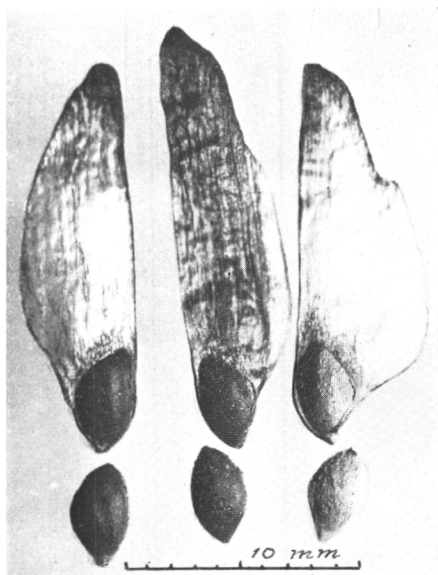


Fig 1. Vollentwickelte Kiefern Samen aus Parainen J. 1923 (s. Karte II, Beob.-Ort 80). Der Same links schwarz, in der Mitte gelb, rechts grauweiss mit rauher Oberfläche.

Kuva 1. Täysinkehittyneitä männynsiemeniä Paraisista v. 1923 (kartta 2, havaintopaikka 80). Vasemmalla musta, keskellä keltainen, oikealla harmaanvalkea kyhmypintainen siemen.

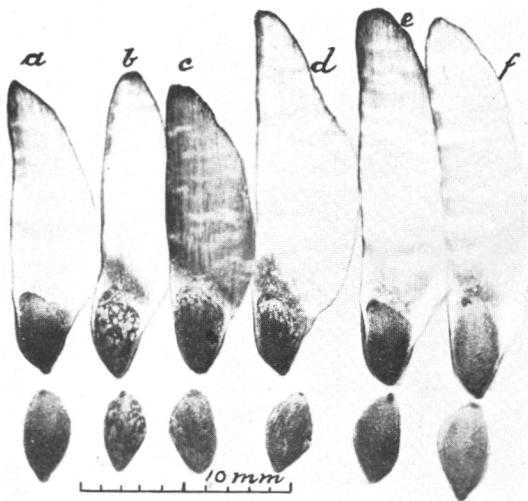


Fig. 2. Schwachentwickelte Kiefern Samen aus Kuolajärvi J. 1923 (s. Karte 2, Beob.-Ort 11).

Kuva 2. Heikosti kehittyneitä männynsiemeniä Kuolajärveltä v. 1923 (kartta 2, havaintopaikka 11).

Tafel II
Taulu II

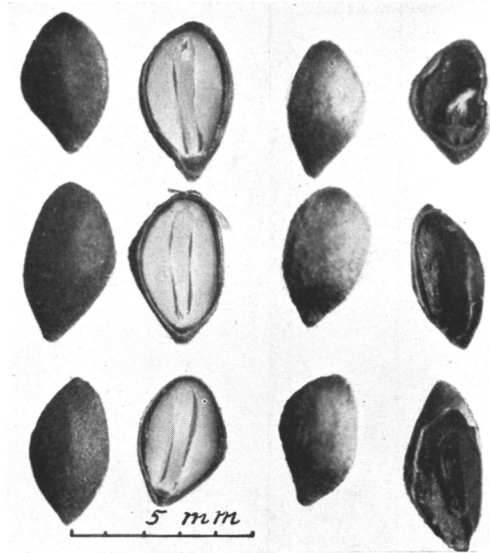


Fig. 1. Kiefern Samen aus Tuusula J. 1924 (s. Karte 4, Beob.-Ort 44). Die Samen in den zwei Vertikalreihen links sind vollentwickelte (Entw.-Kl. V), rechts ganze und gespaltete hohle Samen (Entw.-Kl. O).

Kuva 1. Männynsiemeniä Ruotsinkylän kokeilualueelta v. 1924 (kartta 4, hav.-paikka 44). Vasemmanpuoleiset pystyrivit esittävät täysin kehittyneitä (luokan V), oikeanpuoleiset tyhjiä (luokan O) siemeniä kokonaisina ja halkaistuina.

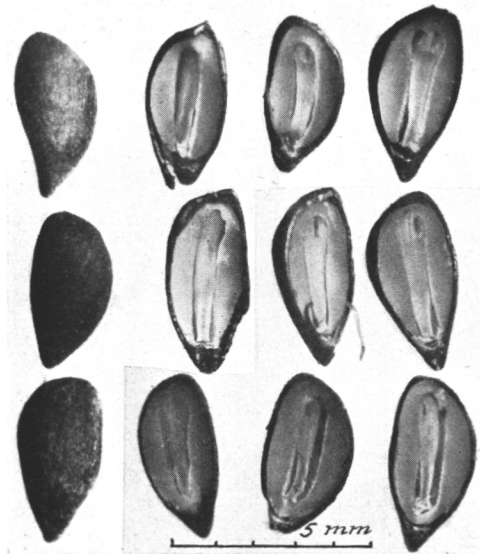


Fig. 2. Fichtensamen aus Raivola J. 1924 (s. Karte 4, Beob.-Ort 48). Vollentwickelte ganze und gespaltete Samen.

Kuva 2. Kuusensiemeniä Raivolän kokeilualueelta v. 1924 (kartta 4, hav.-paikka 48). Täysin kehittyneitä siemeniä kokonaisina ja halkaistuina.

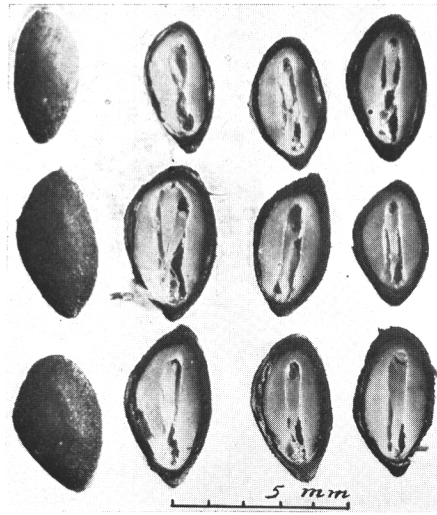


Fig. 1. Kiefern Samen aus Kuolajärvi J. 1926 (s. Karte 5, Beob.-Ort 12). Die Samen gehören zu den Entwicklungsklassen (II—) III (—IV).

Kuva 1. Männynsiemeniä Kuolajärveltä v. 1926 (katso kartta 5, havaintopaikka 12). Siemenet kuuluvat kehitysluokkiin (II—) III (—IV).



Fig. 2. Fichtensamen aus Lapinlahti J. 1923 (s. Karte 2, Beob.-Ort 46 a). Die Samen gehören zu den Entwicklungsklassen (I—) II (—III).

Kuva 2. Kuusensiemeniä Lapinlahdesta v. 1923 (katso kartta 2, havaintopaikka 46 a). Siemenet kuuluvat kehitysluokkiin (I—) II (—III).

Tafel IV
Taulu IV



Fig. 1. Kiefern timer aus dem Kirchorf von Inari J. 1926 (s. Karte 5, Beob.-Ort 6). Die Samen gehören zur Entwicklungsklasse IB, nur der Same in der Mitte rechts zur II Kl.)

Kuva 1. Mänynsiemeniä Inarin kirkonkylästä v. 1926 (katso kartta 5, havaintopaikka 6). Halaistut siemenet kuuluvat kehitysluokkaan I B, lukuunottamatta keskimmäistä, joka on luokkaa II.

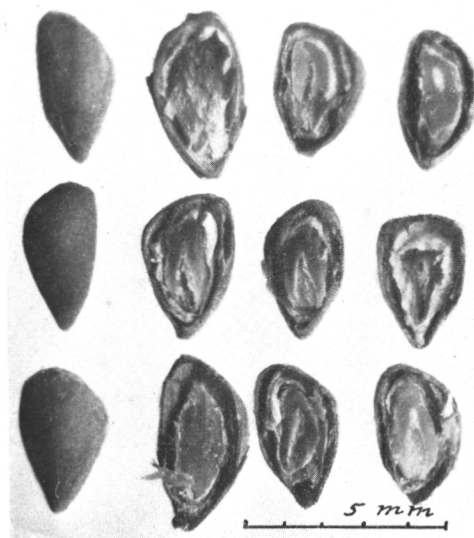


Fig. 2. Fichtensamen aus Kittilä J. 1923 (s. Karte 3, Beob.-Ort 13). Die Samen gehören zu den Entwicklungsklassen IA (—IB).

Kuva 2. Kuusensiemeniä Kittilästä v. 1923 (katso kartta 3, havaintopaikka 13). Halaistut siemenet kuuluvat kehitysluokkaan IA (—IB).

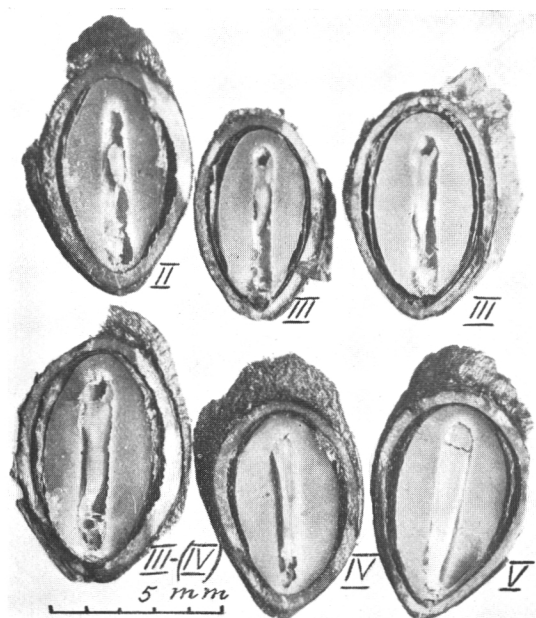


Fig. 1. *Pinus Peuce*-Samen aus Bosnien J. 1926, 600—900 m ü. d. M. Die Samen gehören zu den Entwicklungsklassen II—V. (Die Samen stammen aus A. Grünwalds Klengenanstalt für Nadelholzamen, Wiener-Neustadt.)

Kuva 1. *Pinus-peuce* siemeniä Bosniasta v. 1926, 600—900 m m. y. Siemenet kuuluvat kehitysluokkiin II—V.

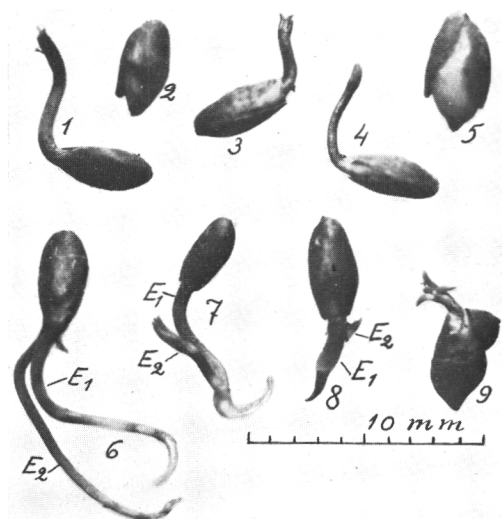


Fig. 2. Anormal gekeimte Kiefern Samen aus verschiedenen Gegenden Finnlands. 1, 3 und 4 mit Keimblättern voran gekeimt, 2 und 5 angeschwollene, ungekeimte Samen, 6, 7 und 8 Polyembryoniefälle, 9 ein zerbrochener Same.

Kuva 2. Epänormaalisti itäneitä männynsiemeniä Suomen eri seuduista. 1, 3 ja 4 sirkkalehdet edellä itäneitä; 2 ja 5 itämättä jääneitä paisuneita; 6, 7 ja 8 monialkioisuustapauksia; 9 siemenkuori on itäessä murtunut poikki ja alkio tunkeutunut sirkkalehdet edellä ulos mikropylen vastaiselta puolelta.

